

Titre: Évaluation de l'effet des concepts de la production allégée dans une entreprise aéronautique
Title:

Auteur: Myriam Moknine
Author:

Date: 2014

Type: Mémoire ou thèse / Dissertation or Thesis

Référence: Moknine, M. (2014). Évaluation de l'effet des concepts de la production allégée dans une entreprise aéronautique [Mémoire de maîtrise, École Polytechnique de Montréal]. PolyPublie. <https://publications.polymtl.ca/1518/>
Citation:

 **Document en libre accès dans PolyPublie**
Open Access document in PolyPublie

URL de PolyPublie: <https://publications.polymtl.ca/1518/>
PolyPublie URL:

Directeurs de recherche: Daniel Imbeau
Advisors:

Programme: Génie industriel
Program:

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

ÉVALUATION DE L'EFFET DES CONCEPTS DE LA PRODUCTION
ALLÉGÉE DANS UNE ENTREPRISE AÉRONAUTIQUE

MYRIAM MOKNINE

DÉPARTEMENT DE MATHÉMATIQUES ET DE GÉNIE INDUSTRIEL
ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

MÉMOIRE PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION
DU DIPLÔME DE MAÎTRISE ÈS SCIENCES APPLIQUÉES
(GÉNIE INDUSTRIEL)

JUILLET 2014

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

Ce mémoire est intitulé :

ÉVALUATION DE L'EFFET DES CONCEPTS DE LA PRODUCTION ALLÉGÉE DANS
UNE ENTREPRISE AÉRONAUTIQUE

présenté par : MOKNINE Myriam

en vue de l'obtention du diplôme de : Maîtrise ès sciences appliquées

a été dûment accepté par le jury d'examen constitué de :

M. ROBERT Jean-Marc, Doct., président

M. IMBEAU Daniel, Ph.D, membre et directeur de recherche

Mme GREBICI Khadidja, Ph.D, membre

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, j'aimerais remercier grandement mon directeur de recherche, Daniel Imbeau pour son soutien, son temps et ses précieuses recommandations tout au long de mon projet.

J'aimerais remercier aussi mon entreprise qui m'a permis de réaliser ce projet de recherche dans le centre d'usinage, particulièrement Eric Guenard, Serge Lapierre et Jean-Philippe Desrosiers. Je remercie Michel Lestage, chef d'équipe du centre d'usinage pour m'avoir fait bénéficier de son expérience au sein du centre d'usinage.

Finalement, je remercie mon conjoint, ma famille et mes amis pour leur soutien actif tout au long de la rédaction de ce mémoire.

RÉSUMÉ

La présente recherche s'intéresse à un projet d'implantation d'une démarche Lean dans une entreprise aéronautique québécoise, soit celle de Bombardier Aéronautique.

Développé pour l'industrie automobile depuis les années 1950, le Lean a élargi ses pratiques dans différents secteurs de l'industrie, dont le secteur de l'aéronautique mondial, de manière générale, et au Québec en particulier.

Aujourd'hui, de nombreuses entreprises s'orientent de plus en plus vers l'approche Lean Manufacturing pour améliorer leur compétitivité et leurs niveaux de performance.

La revue de la littérature sur le Lean favorise une meilleure compréhension sur ce sujet, et plus spécifiquement sur son application dans le secteur de l'aéronautique, l'approche Lean permettant d'améliorer les indicateurs de performance opérationnelle tels que la diminution des coûts de production, la réduction des temps de cycle, les déplacements, les inventaires, et même l'amélioration de la polyvalence des employés.

Le Lean a réussi là où plusieurs autres modèles d'organisation ont échoué. Plusieurs facteurs de succès doivent être respectés lors de la mise en œuvre d'une telle démarche dont les plus importants sont l'implication des employés, celle des dirigeants et l'intégration adéquate de l'ensemble des outils Lean.

Par ailleurs, il faut savoir que cette démarche est parfois critiquée par quelques auteurs qui révèlent que les améliorations apportées par le Lean amènent parfois à une augmentation de la charge de travail des employés et à une augmentation de leur niveau de stress.

Notre recherche sur le Lean nous a par contre révélé des lacunes sur la disponibilité de la documentation et des études sur le sujet, et plus particulièrement dans le secteur de l'aéronautique. Le présent travail a permis de combler cette lacune de taille, en documentant ce contexte et en mettant en évidence l'impact de la démarche Lean sur un système de production de composants aéronautiques au Québec. À cet effet, un centre d'usinage ayant déployé une approche Lean a été choisi afin d'effectuer une étude de cas, en pré et post implantation. Des outils de collecte de données tels que les observations sur le plancher de production, les entretiens semi-dirigés ainsi que la liste de vérification Lean ont été utilisés pour effectuer cette étude de cas.

L'étude de cas a ainsi permis de confirmer l'impact positif du Lean sur les indicateurs de performance opérationnelle de l'entreprise. Ses résultats ont montré une réduction des temps de cycle de 51 % et une réduction des coûts de production d'environ 70 %. En plus de ces résultats, nos observations ont contribué à montrer un bénéfice humain important pour l'entreprise, telle qu'une amélioration positive de la polyvalence des employés.

Ce travail a aussi permis de démontrer que l'intégration et l'assimilation des concepts Lean ont été faites avec un succès probant. En effet, l'analyse des résultats de la liste de vérification a montré que le niveau de maturité des concepts Lean intégrés a évolué de manière favorable durant la période se situant de la préimplantation du projet jusqu'à celle de la postimplantation.

La présente recherche vient donc apporter une valeur ajoutée pour la littérature scientifique et aidera ainsi à partager plus largement les données d'une implantation Lean dans un secteur de production aéronautique québécois.

ABSTRACT

This research focuses on a project to implement a Lean approach in Quebec's aerospace business, that of Bombardier Aerospace.

Developed for the automobile industry since the 1950s, the Lean has expanded its practices to various industry sectors, including the international aircraft industry, and more specifically the Quebec aircraft industry.

Today, numerous companies turn more and more to the Lean Manufacturing approach to improve their competitiveness and their performance levels.

The review of the literature on the Lean has allowed us to further understand the topic and more specifically its application in the aerospace sector. The Lean approach allows the improvement of operational performance indicators such as the reduction of production costs, cycle times, travel and inventories, as well as the improvement of the versatility of employees.

The Lean has succeeded where many other organisational models have failed. Several success factors such as employee involvement, leadership commitment, proper integration of all tools and many others must be used in the implementation of such production practice. However, this approach is sometimes criticized by some authors who suggest that the improvements made by the Lean result in an increase in the workload of employees and a deterioration of their stress levels.

Our research on the Lean has revealed gaps in available and existing research and data on the subject, particularly in the aerospace sector. This research has helped to fill this important gap, by documenting the context and highlighting the impact of the Lean on a production system in the Quebec aerospace components. A machining center having deployed a Lean approach was chosen to conduct a case study in post-implantation. Tools for data collection such as observations on the production floor, semi-structured interviews, as well as the Lean checklist, were used to perform this case study.

The case study has confirmed the positive impact of Lean on operational performance indicators of the company. The results of this case study showed a reduction of cycle time of

49%, a reduction of unnecessary employee travels of 50% and a reduction of production costs by about 50%. In addition to these positive discoveries, our study has highlighted an important human benefit in the business such as an improvement in the versatility of employees by 25%. In addition, the study also demonstrated that the integration and assimilation of the Lean concepts is made with a proven success. Indeed, analysis on results from the checklist showed that the level of Lean concepts maturity progressed favorably in the period from pre-project until that in post-project.

This research brings an added value to the scientific literature. It thus helps to disseminate data in a Lean implementation in a production area of Quebec aerospace products.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	III
RÉSUMÉ.....	IV
ABSTRACT.....	VI
TABLE DES MATIÈRES	VIII
LISTE DES TABLEAUX.....	XIII
LISTE DES FIGURES.....	XV
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS	XVII
LISTE DES ANNEXES.....	XVIII
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1 REVUE DE LITTÉRATURE SUR L'APPROCHE DE LA PRODUCTION ALLÉGÉE.....	4
1.1 Historique et évolution du Lean Manufacturing	4
1.2 Définition du système Lean.....	6
1.3 Présentation des concepts Lean communs	10
1.3.1 L'élimination des gaspillages.....	10
1.3.2 Juste-à-temps (JIT), le premier pilier du Lean	13
1.3.3 Le Kaizen ou l'amélioration continue.....	15
1.3.4 La qualité parfaite Jidoka, le deuxième pilier du Lean	17
1.3.5 La gestion visuelle.....	22
1.3.6 Le développement des employés.....	23
1.4 L'implantation de la démarche Lean, résultats et enjeux	24

1.4.1	Quelle démarche Lean adopter?	24
1.4.2	Impacts de la démarche Lean sur la performance de l'entreprise	27
1.5	Les méthodes d'évaluation de l'implantation Lean, méthodes quantitatives et qualitatives	29
1.5.1	Observations instantanées	29
1.5.2	Graphique de déroulement	32
1.5.3	Diagramme spaghetti.....	32
1.6	Les méthodes d'évaluation de l'implantation Lean, méthodes qualitatives.....	33
1.6.1	Enquêtes par entretiens.....	33
1.6.2	Le niveau de maturité Lean, la liste de vérification (<i>check-list</i>)	34
1.7	Les outils de pilotage et de suivi de l'implantation Lean.....	39
1.7.1	Tableau de bord équilibré.....	39
1.7.2	Indicateur clé de performance (KPI)	40
1.7.3	Mécanisme de suivi et de mesure des indicateurs clés de performance.....	42
1.8	Le <i>Lean Manufacturing</i> dans le secteur de l'aéronautique	43
1.8.1	Bombardier Aéronautique	44
1.8.2	Boeing	45
1.8.3	Airbus	47
1.8.4	Pratt & Whitney Canada	48
1.8.5	Le <i>Lean Manufacturing</i> dans d'autres entreprises aéronautiques	51
1.9	Synthèse des indicateurs de performance opérationnelle utilisés dans le secteur de l'aéronautique.....	51
1.10	Les études de cas du Lean dans le secteur de l'aéronautique.....	52
1.11	Les études de cas dans la littérature	53
1.12	Lacunes du Lean dans la littérature.....	55

CHAPITRE 2	CADRE CONCEPTUEL DE LA RECHERCHE.....	56
2.1	Objectif principal de la recherche	56
2.1.1	Avantages de la recherche.....	56
2.2	Problématique de la recherche	56
2.3	Thèmes de la recherche	57
2.3.1	Thème 1 : Contexte de la recherche	57
2.3.2	Thème 2 : Évaluer et mesurer de l'effet de l'implantation Lean	58
2.3.3	Thème 3 : Facteurs de succès et effet négatifs	59
CHAPITRE 3	CONTEXTE DE LA RECHERCHE	61
3.1	Contexte de la recherche	61
3.1.1	Bombardier Aéronautique	61
3.1.2	Centre manufacturier de Saint-Laurent	62
3.2	Place du <i>Lean Manufacturing</i> dans l'organisation.....	63
3.2.1	Leviers opérationnels du Système Atteindre l'Excellence.....	63
3.2.2	Description de l'environnement de recherche : le centre d'usinage	66
CHAPITRE 4	ÉTUDE DE CAS SUR UNE APPROCHE DE PRODUCTION ALLÉGÉE DANS UN CENTRE D'USINAGE	67
4.1	Schéma de la méthodologie de recherche	67
4.2	Collecte de données.....	69
4.3	Liste de vérification (<i>Check-List</i>).....	69
4.3.1	Technique d'analyse des résultats	73
4.4	Collecte de données par observations instantanées	74
4.4.1	Participants ciblés.....	74
4.4.2	Méthodologie et rédaction de la grille d'observation.....	75
4.4.3	Nombre d'observations, fréquences et temps requis.....	77

4.4.4	Validation des feuilles d'observations	77
4.4.5	Techniques d'analyse des résultats	78
4.5	Enquête par questionnaire	81
4.6	Cueillette de données complémentaires	82
CHAPITRE 5 LES RÉSULTATS DE L'ÉTUDE DE CAS		84
5.1	Processus d'usinage avant implantation du projet Lean	84
5.2	Processus d'usinage après implantation du projet Lean.....	86
5.3	Identification du niveau de maturité des concepts Lean, résultats de la liste de vérification	88
5.4	Résultat des observations sur le plancher de production.....	91
5.4.1	Analyse quantitative des observations	91
5.4.2	Quantification des indicateurs de performance opérationnelle	94
5.5	Résultats de l'enquête par questionnaire.....	96
5.5.1	Caractéristiques sociodémographiques des participants	96
5.5.2	Niveau de satisfaction à l'égard du projet Lean.....	97
5.5.3	La perception des résultats du projet Lean.....	98
5.5.4	L'approche Lean utilisée.....	106
5.5.5	Concepts Lean communs	107
5.5.6	La participation au projet et la communication.....	109
5.5.7	Le soutien des gestionnaires et de la direction	111
5.5.8	L'impact du projet et les facteurs de succès.....	112
CHAPITRE 6 DISCUSSIONS ET RECOMMANDATIONS		115
6.1.1	Impacts positifs de la démarche Lean	115
6.1.2	Impacts négatifs de la démarche Lean	120
6.1.3	Facteurs de succès	122

6.1.4	Recommandations	125
6.1.5	Contribution théorique et pratique	126
6.1.6	Limites de la recherche	127
6.2	Avenues de recherche.....	127
CONCLUSION.....		129
RÉFÉRENCES.....		130
ANNEXES		142

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1 : Concepts Lean communs et référencés dans la littérature	9
Tableau 1.2 : Les huit sources de gaspillage (Hohmann, 2009; Ohno, 1988; Womack & Jones, 2005)	12
Tableau 1.3 : Explication des 5S	19
Tableau 1.4 : Exemple de méthode des cinq pourquoi (Scholtes, 1998)	22
Tableau 1.5 : Méthodologie d’observations en sept étapes (Hohmann, 2009; Laden, Meney, Petit & Ringot, 1998)	31
Tableau 1.6 : Exemple de grille d’évaluation tiré de (Lyonnet, 2010)	36
Tableau 1.7 : Évaluation de la maturité par la méthode CMM (Laforest & Tremblay)	37
Tableau 1.8 : Exemple de grille d’audit 5S	38
Tableau 1.9 : Impacts du Lean Manufacturing chez Boeing (Subhadra, 2003)	47
Tableau 1.10 : Les outils du programme ACE	49
Tableau 1.11 : Synthèse des bénéfices du Lean dans le secteur de l’aéronautique	52
Tableau 3.1 : Gamme de produits d’avions commerciaux et d’affaires de Bombardier Aéronautique (Bombardier, 2013)	62
Tableau 4.1 : Description détaillée de la liste de vérification Lean	72
Tableau 4.2 : Méthodologie d’observations en sept étapes (Hohmann, 2009; Laden, Meney, Petit, & Ringot, 1998)	75
Tableau 4.3 : Feuille d’observation	76
Tableau 4.4 : Tableau de dépouillement des résultats	78
Tableau 4.5 : Table de décomposition des activités et leur durée	79
Tableau 4.6 : Indicateurs de performance opérationnels choisis pour l’étude de cas	79
Tableau 4.7 : Table de décomposition des tâches utilisée pour la quantification des indicateurs de performance opérationnelle	80

Tableau 4.8 : Sujets et sections du questionnaire.....	82
Tableau 5.1: Résultats de la liste de vérification : (1) préimplantation, (2) six mois en postimplantation, (3) deux ans en postimplantation.....	89
Tableau 5.2 : Les paramètres des observations	91
Tableau 5.3 : Dépouillement des observations implantation	92
Tableau 5.4 : Proportion des activités des employés de production assignés aux machines	93
Tableau 5.5: Proportion des activités des employés de production assignés aux opérations secondaires	94
Tableau 5.6 : Caractéristiques sociodémographiques des répondants	97
Tableau 5.7 : Analyse des risques en santé sécurité du centre d'usinage (L'équipe Entrac, 2008).	100
Tableau 5.8 : Recommandations proposées suite à l'audit santé sécurité en postimplantation (St-Marseille, 2012)......	101
Tableau 5.9 : Analyse de risque résiduel effectuée en postimplantation	103
Tableau 5.10 : Les résultats d'amélioration du temps de cycle selon les répondants	104
Tableau 5.11 : Les résultats d'amélioration des inventaires	105
Tableau 5.12 : Les concepts Lean communs mis en place.....	108
Tableau 5.13 : Autres outils et concepts mis en place	109
Tableau 6.1 : Évaluation du niveau de maturité du concept du flux-tiré, pratique : gestion des stocks.....	121

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1: La naissance du Lean Manufacturing (Shah & Ward, 2007)	6
Figure 1.2 : La maison Toyota (Liker, 2004)	7
Figure 1.3 : Les trois piliers du Lean tiré de (Drew, McCallum & Roggenhofer, 2004).....	8
Figure 1.4 : Exemple de chaîne d'assemblage d'avion équilibrée (Becker, 2003).....	14
Figure 1.5 : Aspects à considérer pour mettre en œuvre le JIT (Menard, 2005).....	15
Figure 1.6 : Roue de Deming (Fernandez, 2013).....	16
Figure 1.7 : Exemple d'instruction de travail standard dans une chaîne d'assemblage de Boeing (Becker, 2003)	19
Figure 1.8 : Exemple de rangement d'outils de travail (Becker, 2003)	20
Figure 1.9 : Exemples de signaux Andon	21
Figure 1.10 : Exemple de gestion visuelle d'une chaîne d'assemblage de Boeing (Becker, 2003).	23
Figure 1.11 : Méthodologie Lean selon McKinsey & Compagny	25
Figure 1.12 : Modèle Lean proposé par Shields <i>et al.</i> tiré de (Kilpatrick, et al., 1997).....	26
Figure 1.13 : Exemple des catégories d'activités observables sur le formulaire d'observations (Hohmann, 2009)	30
Figure 1.14 : Les symboles du graphique de déroulement (Benedetti & Stevenson, 2007)	32
Figure 1.15 : Exemple de tableau de bord équilibré (Kaplan & Norton, 1992).....	40
Figure 2.1 : Grands thèmes de la recherche	57
Figure 3.1 : Exemple de tableau de bord incluant les leviers opérationnels.	65
Figure 4.1 : Schéma détaillé de la méthodologie	68
Figure 4.2 : Cartographie des concepts Lean évalués	71
Figure 4.3 : Indicateurs de performance et mécanismes de mesure « PDCA »	73
Figure 5.1 : Plan d'aménagement du centre d'usinage avant l'implantation du projet Lean.....	84

Figure 5.2 : VSM du centre d'usinage avant l'implantation du projet.....	85
Figure 5.3 : Plan d'aménagement du centre d'usinage en postimplantation du projet Lean	87
Figure 5.4 : VSM du centre d'usinage après l'implantation du projet.....	88
Figure 5.5 : Niveau de maturité des concepts Lean	90
Figure 5.6 : Temps de cycle avant l'implantation du projet.....	95
Figure 5.7 : Temps de cycle après l'implantation du projet.....	95
Figure 5.8 : Coût de produit avant l'implantation du projet.....	96
Figure 5.9 : Coût de produit après l'implantation du projet.....	96
Figure 5.10 : Évolution du niveau de motivation des participants au projet Lean (en pourcentage)	110
Figure 5.11 : Niveau d'implication des employés dans le projet	111
Figure 5.12 : La communication du projet.....	111
Figure 5.13 : Niveau d'implication de la direction et des gestionnaires	112
Figure 6.1 : Défis du Lean selon l'enquête de Capgemini (Capgemini, 2010).....	123
Figure 6.2 : Facteurs de succès du projet Lean du centre d'usinage	125

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

3P	<i>Preparation, Process, Production</i>
FIFO	<i>First In First Out</i>
GPAO	Gestion de production assistée par ordinateur
PVA	Production à valeur ajoutée
PWC	Pratt and Whitney Canada
RGV	<i>Rail Guided Vehicle</i>
SST	Santé et sécurité au travail
TMS	Troubles musculo-squelettiques
TO	Temps Opération
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
TPS	Toyota Production System
TQM	Total Quality Management
TU	Temps d'utilisation
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE A – RÉSULTATS DE LA LISTE DE VÉRIFICATION.....	142
ANNEXE B – ENQUÊTE PAR QUESTIONNAIRE.....	188
ANNEXE C – RÉSULTATS DÉTAILLÉS DE L’ENQUÊTE PAR QUESTIONNAIRE.....	202
ANNEXE D – COMMENTAIRES SUPPLÉMENTAIRES DE L’ENQUÊTE.....	217
ANNEXE E – GUIDE D’ENTRETIEN.....	223
ANNEXE F – RÉSULTATS DES OBSERVATIONS.....	224
ANNEXE G – LA MÉTHODE DES OBSERVATIONS INSTANTANÉES.....	227
ANNEXE H – LES OUTILS ET CONCEPTS DU LEAN MANUFACTURING.....	228

INTRODUCTION

Aujourd'hui, les entreprises cherchent l'amélioration de leurs performances en permanence. Les facteurs de l'économie de marché, la concurrence, la diversité de produits, la croissance économique ou encore la fluctuation de l'offre et de la demande les poussent à vouloir une amélioration constante sous peine d'être dépassées par la concurrence ou encore de disparaître du marché. Les entreprises se doivent toujours de satisfaire le client en lui offrant une expérience supérieure à l'ordinaire. Elles se doivent de lui livrer un produit de qualité, à l'endroit approprié, au bon moment et au moindre coût. Tel est l'objectif que se fixe toute entreprise qui veut atteindre un niveau de performance mondial.

Par ailleurs, le contexte actuel de la mondialisation a aussi poussé de nombreuses entreprises à s'intéresser davantage à l'innovation technologique et organisationnelle. Plusieurs d'entre elles s'inspirent de plus en plus du Système de Production Toyota (TPS) pour améliorer leurs performances et pour faire face au défi de la concurrence (Ballé, 2004). Ce système de production est aussi connu sous le nom du *Lean Manufacturing*. Des traductions françaises du terme Lean Manufacturing existent, telle que la production allégée ou la production au plus juste. Dans le cadre de la présente recherche, le terme Lean Manufacturing sera utilisé tout au long du document.

Le Lean Manufacturing est devenu un moyen incontournable afin d'assurer la compétitivité et la pérennité de ces entreprises (Shah & Ward, 2002). Il a transformé grandement et positivement l'industrie automobile, il a donc poussé plusieurs autres industries, dont celle de l'aéronautique à s'en inspirer.

L'industrie aéronautique a connu un essor remarquable en l'espace d'une décennie. Cet essor est principalement dû au besoin croissant des compagnies aériennes à renouveler leurs flottes vieillissantes, et des fois à la limite de l'inefficacité (Gardner, 2009).

Aujourd'hui, ces industries recherchent à maintenir par tous les moyens leur compétitivité en réduisant de façon continue leurs coûts de production. Elles essaient pour cela d'adopter une approche d'innovation technologique et d'amélioration continue (Gardner, 2009).

Depuis plusieurs années, de nombreuses études et recherches recensent les applications du

Lean dans le secteur manufacturier. Bien que les références soient nombreuses, les entreprises ne mettent en valeur que deux outils du Lean : le juste-à-temps et la qualité totale (Shah & Ward, 2002). Notre constat pourtant est qu'une des réussites principales d'une démarche Lean, tel que suggérée par Womack, Jones (1996) et Liker (2004) est l'intégration de plusieurs outils du Lean.

Notre recherche nous a aussi permis de constater que les exemples de démarches systématiques et études empiriques qui mettent en évidence les gains et les bénéfices du Lean ne sont que minimalement référencés dans la littérature, particulièrement les études de cas touchant à l'industrie aéronautique mondiale de manière générale et à celle du Québec de manière spécifique.

Problématique

La littérature a montré qu'il est souvent difficile de mesurer l'effet positif du Lean sur les indicateurs de performance industrielle. La présente recherche aborde donc les problématiques suivantes :

- comment mesurer et évaluer l'impact de l'application d'une démarche Lean Manufacturing dans l'industrie manufacturière aéronautique?
- comment mesurer l'impact du Lean sur les indicateurs de performance opérationnelle?

Objectif

L'objectif principal de cette recherche est de mettre en évidence l'impact du Lean sur une chaîne de valeur manufacturière et, plus spécifiquement, dans un centre d'usinage d'une entreprise aéronautique. La recherche vise à documenter l'application de la démarche Lean et à évaluer l'impact et les facteurs de succès sur la performance opérationnelle du centre d'usinage.

Les objectifs spécifiques de la présente recherche sont les suivants :

1. définir à l'aide de la revue de littérature, les grands principes du Lean Manufacturing, ses outils, ses bénéfices ainsi que les critiques envers le Lean dans l'industrie manufacturière et dans l'industrie aéronautique;
2. analyser par étude de cas une application d'une démarche Lean dans un centre d'usinage d'une entreprise aéronautique;
3. mettre en évidence du contexte, de l'impact ainsi que des critères quantitatifs influençant

la performance opérationnelle;

4. mettre en évidence des conditions de succès de l'application d'une approche Lean dans une entreprise manufacturière aéronautique.

Cette recherche trouve son originalité dans le positionnement de l'étudiante-chercheuse en tant qu'employée à temps plein au sein de l'entreprise. La présence de l'étudiante a facilité le déroulement de la recherche ainsi que la documentation de son contexte.

Selon la structure traditionnelle d'un travail de recherche, ce mémoire comprend six chapitres.

Le premier chapitre présente la revue de littérature du Lean Manufacturing dans le milieu industriel de manière générale et dans le secteur de l'aéronautique de manière spécifique. Une partie de la revue de littérature est consacrée aux outils d'identification des leviers d'amélioration, tels que les observations instantanées et la liste de vérification. Ces outils serviront tout au long de la recherche à développer la méthodologie de l'étude de cas.

Le deuxième chapitre décrit le cadre conceptuel de la recherche, ses objectifs, sa problématique et les grands thèmes de celle-ci.

Le troisième chapitre s'intéresse au contexte de la recherche et à son déroulement dans l'entreprise aéronautique. Ce chapitre présente l'entreprise Bombardier Aéronautique et l'application en son sein de la démarche Lean.

Le quatrième chapitre décrit de manière détaillée la méthodologie d'étude de cas choisie pour la présente recherche. L'étude de cas comprend les entretiens, les observations instantanées sur le plancher de production, et l'utilisation d'une liste de vérification Lean, développée à partir de la revue de littérature.

Le cinquième chapitre présente les analyses et les résultats des données recueillis à l'aide des entretiens et des observations ainsi que la liste de vérification Lean.

Le sixième et dernier chapitre met en évidence les discussions et les recommandations pour répondre à l'objectif de la recherche. Ce chapitre comprend aussi les contributions théoriques et pratiques, ainsi que les limites de la recherche.

CHAPITRE 1 REVUE DE LITTÉRATURE SUR L'APPROCHE DE LA PRODUCTION ALLÉGÉE

Ce chapitre inclut la revue de littérature développée autour de l'approche de la production allégée ou communément appelée *Lean*. Il présente un aperçu des études, des recherches ainsi que des publications consacrées à la production allégée, un sujet ayant suscité de nombreux écrits. Nous aborderons en premier lieu les outils et le concept du Lean Manufacturing, puis les outils d'identification et les leviers d'amélioration qui ont été utilisés dans l'élaboration de la méthodologie de recherche.

La revue de la littérature de ce présent travail rend compte de l'évolution du Lean Manufacturing dans le milieu industriel d'une façon générale. Le sujet de recherche se déroulant dans une entreprise aéronautique, un aperçu de l'évolution du Lean Manufacturing dans ce secteur sera présenté de manière plus spécifique.

Le lecteur prendra connaissance de la description de la méthodologie Lean par les études et les entreprises l'ayant déployée. Finalement, des outils de pilotage et de mesure de l'approche Lean seront présentés à la fin de ce chapitre.

1.1 Historique et évolution du Lean Manufacturing

Le Lean Manufacturing trouve ses racines dans le système de production de Toyota, communément connu sous le nom de Total Production System (TPS). Le Lean a été développé dans les années 1950-1960 par Taiichi Ohno, alors qu'il était ingénieur en chef chez Toyota.

Après la défaite du Japon lors de la Deuxième Guerre mondiale, le président de Toyota Motor Compagny, M. Kiichiro Toyoda, a déclaré qu'il fallait absolument accroître la productivité et rattraper l'industrie automobile américaine (Ohno, 1988). La crise financière, le manque d'accès aux capitaux d'investissement, les répercussions de la guerre et la concurrence américaine du système de production Ford ont poussé les Japonais à développer un nouveau modèle de production.

Dès 1970, Toyota devient l'entreprise automobile numéro un au Japon. En 1980, elle lance sa production outre-mer afin de contrecarrer la concurrence américaine de General Motors (GM) et

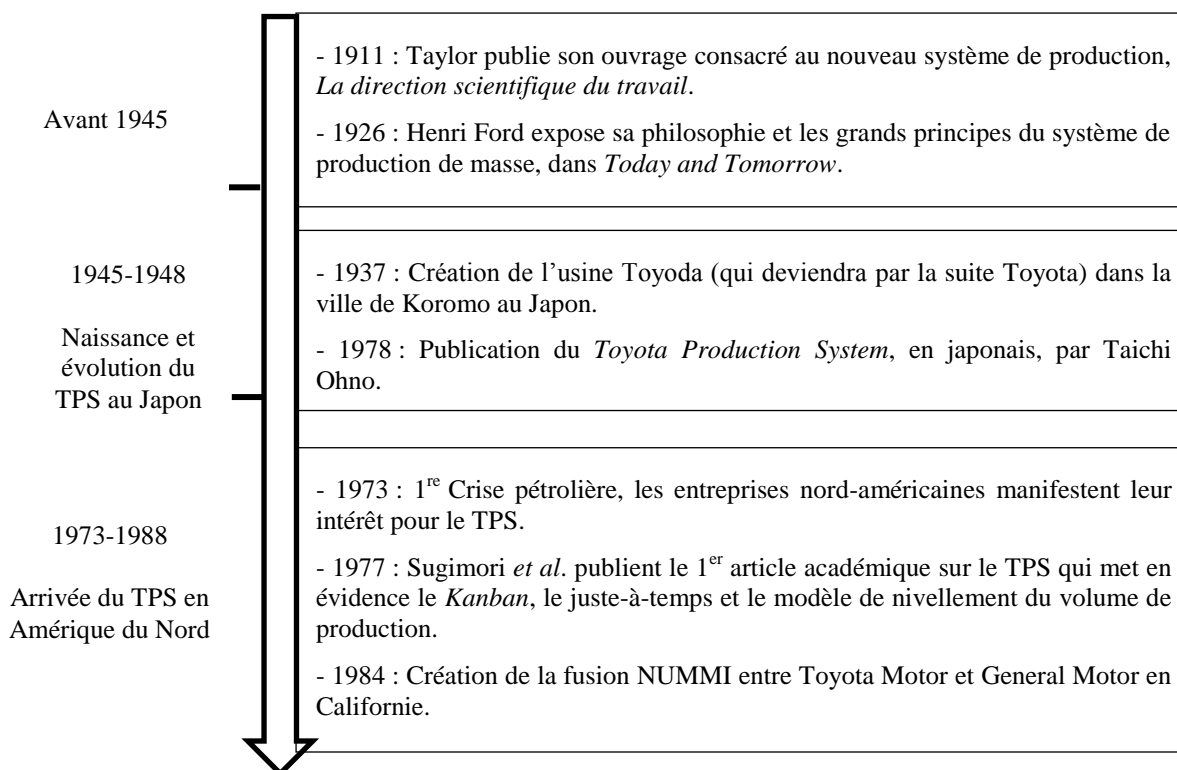
de Ford (Womack, Jones, & Roos, 1990). À la fin des années 1980, l'application de la démarche Lean a été généralisée à l'ensemble de l'industrie automobile mondiale.

Au cours des années 1990, *The Machine That Changed The World* est publié et, dès 2003, Toyota reprend son poste de leader et dépasse Ford, qui était pourtant considéré comme le fabricant le plus important au monde (Togo & Wartman, 1993). La Figure 1.1 illustre la naissance et l'évolution du Lean Manufacturing (Shah & Ward, 2007).

Le Lean Manufacturing, plus souvent traduit par la « production allégée » (Hohmann, 2009), est fondé sur la recherche du minimalisme et du juste nécessaire pour produire. Pour réussir une démarche Lean, cinq étapes fondamentales doivent être suivies (Womack & Jones, 1996) :

1. spécifier ce qui crée de la valeur pour le client, en définissant les opérations qui apportent de la valeur au produit ainsi qu'au client;
2. identifier le flux des valeurs, en définissant la chaîne de valeur et l'enchaînement des opérations créatrices de valeur ajoutée;
3. favoriser l'écoulement des flux, en créant un flux continu et unitaire;
4. tirer les flux, en produisant ce que le client exige;
5. viser la perfection, en créant un processus exempt de gaspillage.

La Figure 1.1 résume la naissance et l'évolution du Lean au fil des années.



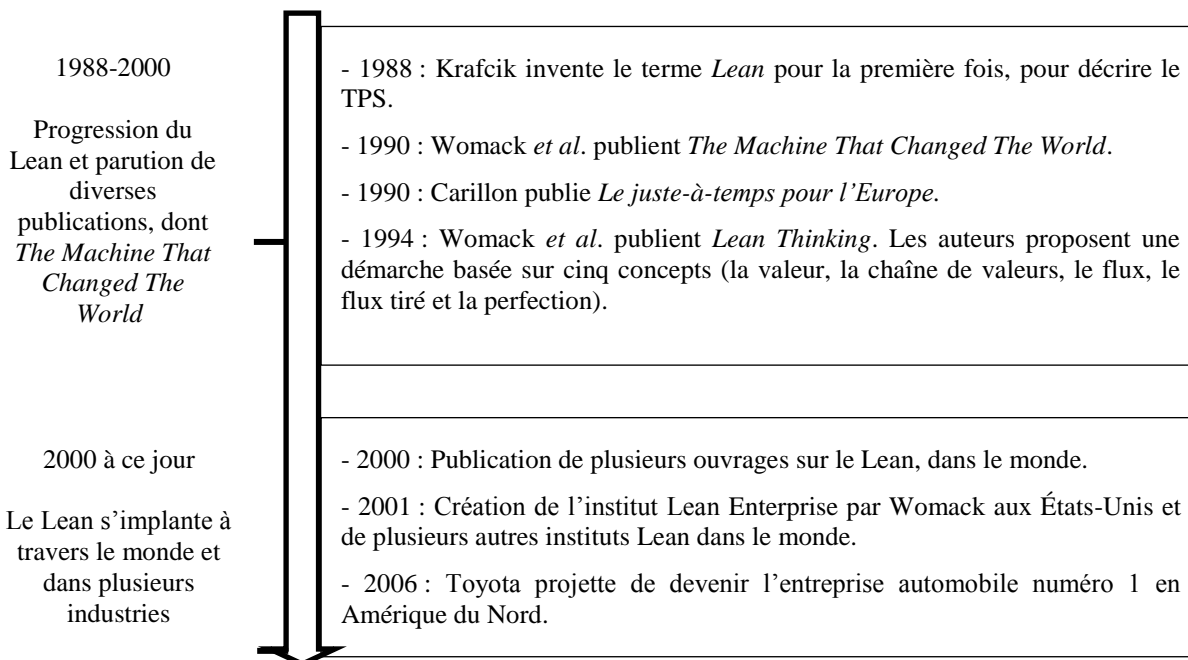


Figure 1.1: La naissance du Lean Manufacturing (Shah & Ward, 2007)

1.2 Définition du système Lean

Le système Lean est une méthode d'organisation du travail qui vise l'amélioration de la performance et l'élimination du gaspillage. Le système est fondé sur plusieurs outils et principes. Le fondateur du TPS, Taiichi Ohno a identifié huit principes Lean pour décrire son système de production qui repose sur deux piliers : le juste-à-temps et l'automation (Ohno, 1988). La Figure 1.2 met en évidence ces principes.

À travers toute la littérature scientifique, la maison Toyota dessinée par l'expert Lean, Fujio Cho¹ (Ohno, 1988) est devenue l'organisation symbolique de la méthode Lean. En effet, Toyota a fait le parallèle avec le système structural d'une maison qui serait solidement construite, et explique qu'elle le serait, si et seulement si le toit, les piliers et la fondation sont solidement bâtis (Womack & Jones, 1996). Aujourd'hui encore, Toyota s'appuie sur ces piliers pour performer (Huellmantel, Vaghefi, & Woods, 2000).

¹ Fujio Cho a rejoint l'entreprise Toyota en 1960; il est devenu par la suite un des experts du système de production de Toyota. Il a été formé par Taiichi Ohno, le créateur du Lean (Lewis, 2002).

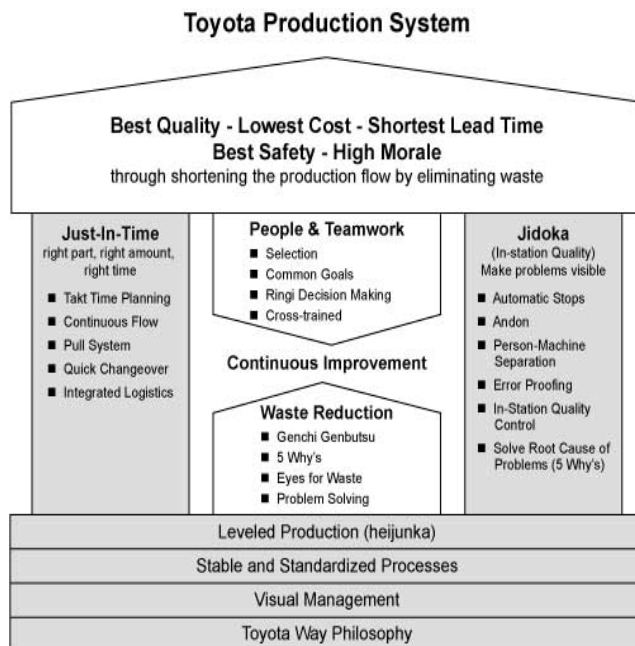


Figure 1.2 : La maison Toyota (Liker, 2004)

Le Lean se définit comme un ensemble d'outils et de pratiques (Womack & Jones, 2005). Womack et Jones (2005) proposent cinq principes Lean dans le *Lean Thinking* : la valeur, la chaîne de valeur, le flux, le flux tiré et la perfection (Womack & Jones, 2005). Une simple recherche sur internet concernant les principes Lean montre que ceux de Womack et Jones sont les plus référencés.

Par ailleurs, Drew et ses collaborateurs de McKinsey et Company définissent le Lean comme un système intégré qui repose sur le système opérationnel, le système de management et l'état d'esprit et des comportements des employés. Huit principes sont proposés par Drew et ses collaborateurs : la résolution de problème, la standardisation du travail, les méthodes de contrôle de la qualité et des niveaux des stocks (Drew, McCallum & Roggenhofer, 2004). La Figure 1.3 illustre la philosophie proposée par Drew et ses collaborateurs (2004).

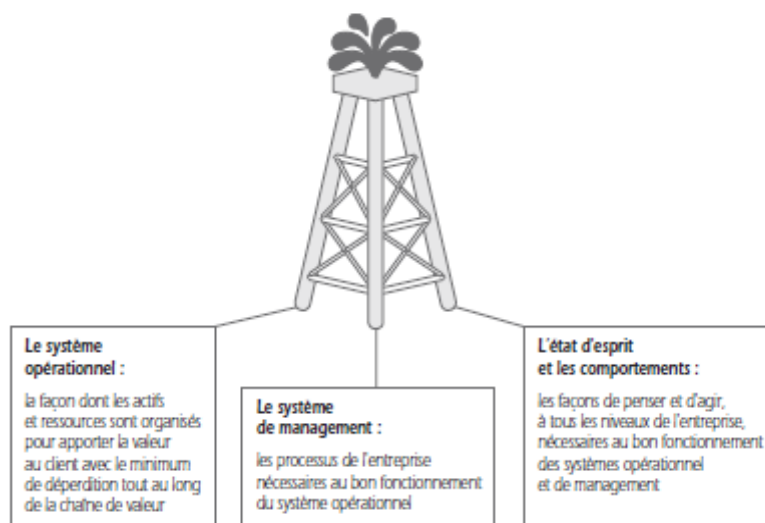


Figure 1.3 : Les trois piliers du Lean tiré de (Drew, McCallum & Roggenhofer, 2004)

Pour sa part, Liker (2004) propose 14 principes pour mettre en place une démarche Lean tels que le flux tiré, la standardisation du travail et le nivellement du volume de production (Liker, 2004). Shah et Ward (2007) définissent quant à eux la démarche Lean selon quatre principes : le management des ressources humaines, le management de la maintenance, le juste-à-temps et le management de la qualité totale (Shah & Ward, 2007).

Plusieurs entreprises désirant mettre en place la démarche Lean se sont appropriées cette démarche avec ses concepts; ainsi, par exemple, le partenariat NUMMI de GM et Toyota en 1982 avait démontré des gains significatifs tels que l'augmentation de la productivité, de la qualité et de la rotation des stocks dans les usines d'automobiles nord-américaines de GM (Liker, 2004). D'autres entreprises nord-américaines telles que Pratt & Whitney et Bombardier Aéronautique se sont également dotées de cette démarche. PWC a développé sa propre méthodologie Lean appelée *Achieving Competitive Excellence* (ACE).

La méthodologie ACE est fondée sur un ensemble de concepts Lean tels que la résolution de problème, la standardisation du travail, la qualité totale, la maintenance productive totale, la réduction des temps de mise en route, l'amélioration des processus et l'élimination du gaspillage (Bhuiyan, Baghel, & Wilson, 2005). De même, l'entreprise québécoise Bombardier Aéronautique a mis en place une démarche Lean appelée le Système Atteindre l'Excellence (SAE). SAE repose sur les principes de la qualité, de l'élimination du gaspillage, du développement des employés et

de la satisfaction de la clientèle (Bombardier Aerospace, 2013). Les concepts Lean adoptés avec la démarche SAE ne sont pas davantage détaillés dans la littérature.

L'association Manufacturiers et Exportateurs du Québec (MEQ) propose une méthodologie adaptée à la culture des entreprises québécoises. Le MEQ propose une méthodologie Lean en trois étapes : le changement culturel, l'intégration des concepts et l'amélioration continue (Manufacturiers et exportateurs du Québec, 2009).

Bien que plusieurs auteurs, associations et entreprises identifient et s'approprient différemment les concepts Lean, il existe un consensus commun sur certains outils (Lyonnet, Pillet, Pralus, Guizzi, & Habchi, 2008; Shah & Ward, 2002). En effet, on peut regrouper ces outils en six grandes familles : (1) l'élimination des gaspillages, (2) le juste-à-temps, (3) la qualité, (4) l'amélioration continue, (5) la gestion visuelle et (6) le développement humain.

Le Tableau 1.1 recense les 16 références étudiées par Shah et Ward (2006) et révisées par Barbara Lyonnet (2010), docteure de l'Université de Savoie, liées aux six principes Lean communément trouvés dans la littérature.

Tableau 1.1 : Concepts Lean communs et référencés dans la littérature

		Sources citées par 16 auteurs															
Concepts	Principes Lean	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Élimination des gaspillages	Élimination des sources de gaspillages							*									*
	Analyse de la chaîne de valeur										*			*			*
Juste à temps	Utilisation des principes de flux tirés														*		
	Flux tirés/flux continus	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	Changement rapide des temps de mise en route	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	Kanban/Flux tirés	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	Réduction des tailles de lot	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	Lissage de la charge de travail														*		
Amélioration continue	Programme d'amélioration continue	*					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	Programme d'amélioration de la santé sécurité des employés										*			*			
	Kaizen/amélioration continue						*										
Qualité totale	Programme de management de la qualité		*														
	Réduction des temps de cycle										*		*	*	*	*	*
	Maintenance préventive		*		*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	Mesure de la capacité du procédé									*		*		*	*	*	*
	Standardisation des processus et procédés						*										
Gestion Visuelle	Gestion visuelle						*										
Développement humain	Multifonctions des équipes																
	Polyvalence des employés	*	*	*	*	*		*		*	*	*	*	*	*	*	*
	Travail en équipe						*										

(1) (Cho, Kusunoki, Uchikawa, & Sugimori, 1997; Monden, 1982; Pegels, 1984); (2) (Aquilano, Chase, Wantuck &, 1983); (3) (Ebrahimpour & Lee, 1984); (4) (Suzaki, 1985); (5) (Cox & Finck, 1986); (6) (Voss, 1987); (7) (Ohno T, 1988); (8) (Hay, 1988); (9) (Bicheno, 1989); (10) (Chan, Samson, & Sohal, 1990); (11) (Piper & McLachlin, 1990); (12) (White, 1993); (13) (Richey, 1996); (14) (Womack & Jones, 2005); (15) (Gibbons & James-Moore, 1997); (16) (Subhadra, 2003).

1.3 Présentation des concepts Lean communs

Dans les sections suivantes, une description détaillée des six principes Lean communs sera présentée. Le lecteur prendra connaissance des objectifs visés par ces concepts, des différents outils qui supportent leurs mises en œuvre, de l'interrelation entre les différents concepts et, finalement, des exemples d'applications dans les entreprises qui s'approprient ces concepts.

1.3.1 L'élimination des gaspillages

Un gaspillage (*muda* en japonais) renvoie à toute activité qui requiert des ressources et qui ne crée aucune valeur aux yeux du client (Womack & Jones, 2005).

L'élimination des gaspillages est au cœur de la démarche Lean. Les entreprises telles que Boeing et PWC ainsi que les auteurs cités précédemment placent ce concept au cœur de la définition de leurs démarches Lean. La valeur aux yeux du client est définie comme toute activité qui ajoute un plus à son produit et qui est prête à payer (Hohmann, 2003).

Par ailleurs, les activités qui composent un système de production et qui permettent à un processus ou un procédé de transformer un intrant sous forme d'information, de rapport, de produit ou d'un service destiné à satisfaire le besoin d'un client sont classées en deux catégories : activités à valeur ajoutée et activités à non-valeur ajoutée.

Les activités à valeur ajoutée permettent d'accroître la valeur pour le client et doivent être effectuées correctement du premier coup sans reprise de travail, ni défaut détecté (Ballé, 2004).

Les activités à non-valeur ajoutée sont des activités pour lesquelles le client ne désire pas déboursier d'argent; ces activités ne modifient aucunement le produit et il en existe deux catégories : les activités à non-valeur ajoutée nécessaire et les gaspillages. La première catégorie est dite nécessaire vu qu'il n'existe pas d'autre moyen qui permette d'exécuter le travail autre que le recours à ces activités (par exemple, les opérations de transport du produit d'une étape A à une étape B en utilisant un véhicule de transport ou un pont-roulant). Le véhicule n'ajoute pas de valeur, mais il est nécessaire pour acheminer le produit à une autre étape du processus afin de subir une autre transformation. La Figure 1.3 illustre les trois catégories d'activités présentes dans l'entreprise :



Figure 1.3 : Les types d'activités dans la création d'une chaîne de valeur

Sept sources de gaspillage ont été identifiées par le fondateur du Lean, Taiichi Ohno (1998); une huitième source liée à la créativité perdue a été rajoutée par Liker en 2004. Le Tableau 1.2 résume les huit sources de gaspillage citées dans la littérature.

Ohno identifie la surproduction comme la source de gaspillage la plus importante, étant donné qu'elle génère à son tour d'autres sources de gaspillage (Ohno, 1998). Les gaspillages alourdissent les processus et génèrent une consommation de temps improductif (Hohmann, 2009). Pour plusieurs auteurs, les gaspillages créent des coûts inutiles à l'entreprise (Drew, McCallum & Roggenhofer, 2004). Or, les entreprises qui intègrent la démarche Lean définissent la réduction des coûts comme étant au cœur de leur démarche; la chasse aux gaspillages devient donc primordiale pour ces entreprises qui veulent atteindre leurs objectifs de performance (Womack, Jones, & Roos, 1990).

L'élimination des gaspillages nécessite une analyse rigoureuse de la chaîne de valeur (Liker, 2004). En effet, il est important d'identifier ce qui crée de la valeur pour le client, comme par exemple, le perçage d'un trou sur un bloc de matière première, et ce qui génère des coûts inutiles, comme par exemple les pannes machines, les erreurs d'assemblages ou encore les contrôles de qualité excessifs.

À cet effet, les entreprises utilisent l'outil du *Value Stream Mapping* (VSM) qui correspond à la cartographie du flux de la chaîne de valeur. C'est un outil d'analyse qui consiste à visualiser le flux de production d'un produit de l'étape allant du fournisseur jusqu'à la livraison au client (Rother & Shook, 1999).

Un outil complémentaire qui permet l'identification des flux de production est le graphique de déroulement (Benedetti & Stevenson, 2007). Cet outil sera présenté plus en détail dans la section 1.5 consacrée aux méthodes d'évaluation de l'implantation Lean.

Tableau 1.2 : Les huit sources de gaspillage (Hohmann, 2009; Ohno, 1988; Womack & Jones, 2005)

Types de gaspillage	Description	Exemple et indice d'identification des sources de gaspillage
Surproduction	C'est lorsque la production est faite avant que la commande du client ne soit lancée.	Produire une pièce ou consommer une matière plus tôt ou plus tard que la demande de la prochaine étape du processus.
Inventaire	Ce gaspillage est lié au stockage des inventaires causés par la surproduction mais aussi par une mauvaise planification de production.	Quantité importante de matière, produits finis, inventaires. Espace de production encombré, identification visuelle des flux de production difficile.
Attente	Renvoie au temps d'attente inutile du personnel ou des pièces pour un outil, une information, une approbation ou une maintenance d'équipement. Le temps d'attente ralentit le rythme de production et conduit à des goulots d'étranglement.	Arrêts fréquents de machine, personnes en pauses non planifiées.
Mouvement inutiles	Les mouvements sont causés par une mauvaise ergonomie du poste de travail, un mauvais rangement ou un désordre.	Se pencher, marcher, se courber, double manutention, recherche d'outils.
Transport et manutention	Il s'agit du transport inutile d'un outil, d'une personne, d'une pièce ou d'un document. Les déplacements consomment du temps et des ressources coûteuses à l'entreprise et peuvent provoquer une dégradation des produits lors du transport.	Flux croisés de chariots et de personnes, nombre important de manutentions.
Non-Qualité	Renvoie à la correction d'un produit ou d'une information suite à un défaut ou une erreur survenus lors de l'exécution des étapes de production. La reprise du travail est un écart par rapport à la nécessité de produire juste du premier coup.	Quantité de pièces, matières ou rebuts ou en quarantaine. Nombre de réparations et d'erreurs.
Procédés inefficaces	Lorsque la production est réalisée avec des étapes qui ne servent à rien et qui vont au-delà de la qualité standard requise par le client.	Manque de standard de qualité, d'instructions ou de spécifications claires pour les employés de production.
Créativité perdue	Elle se traduit par la sous-utilisation des compétences des employés, le manque de formation, de reconnaissance.	Manque d'implication et d'engagement des employés. Mauvais résultats des sondages sur l'engagement et la satisfaction des employés. Faible productivité, erreurs humaines.

1.3.2 Juste-à-temps (JIT), le premier pilier du Lean

Le deuxième principe Lean commun correspond au système juste-à-temps. C'est le concept le plus référencé dans la littérature. Une simple recherche sur Google donne environ 3 300 000 réponses. Le concept Jidoka, pourtant proche, ne donne, lui, qu'environ 2 250 réponses (Ballé, 2004).

Ce principe a été développé par Taiichi Ohno vers 1937. La production en juste-à-temps est fondée sur le principe que les matières premières ne sont commandées que lorsqu'un ordre de commande ferme est émis par le client. De la même façon, l'ordre de fabrication est lancé en juste-à-temps, pour que le produit soit livré au client juste au moment voulu, en quantité suffisante, en bon état et à l'endroit désigné (Durand, 1997).

Ce principe vient éliminer surtout la première source de gaspillage qui est la surproduction définie précédemment. D'autres sources de gaspillages telles que les inventaires, les délais d'attentes seront à leur tour éliminées. Les entreprises qui mettent en place le système de production en JIT en retirent des bénéfices importants tels que (Menard, 2005) :

- la réduction des temps de cycle de 80 % à 90 % causés par les délais d'attentes inutiles;
- la réduction des stocks de matières premières, des encours et des produits finis liés à la surproduction ou surconsommation;
- la réduction des coûts de la main-d'œuvre de 10 % à 50 %;
- la réduction des espaces de 40 % à 60 % liés aux inventaires et à la surproduction;
- la réduction du coût de la non-qualité de 25 % à 60 % comme le coût des pièces non conformes rebutées ou le coût de la main-d'œuvre nécessaire pour la reprise du travail.

Ces bénéfices ne s'obtiennent pas sans efforts, les entreprises doivent considérer plusieurs aspects dont l'équilibrage et le lissage du volume de production (Liker, 2004). Ce dernier, appelé le *Heijunka* en japonais, et représenté précédemment dans la description de la maison Toyota, vise à lisser le volume de production et le mix des produits. Par exemple, l'entreprise planifie sa production en fonction des commandes des clients et distribue ses commandes de production de façon égale, soit chaque jour la même quantité, en s'assurant que le mix de produit soit égal aussi. De même, s'il arrive des imprévus dans la chaîne de production, l'entreprise devrait être en

mesure de reporter ou de devancer ses commandes de production (Liker, 2004). Un exemple de lissage de volume de production sur une chaîne d'assemblage d'avion est présenté dans la Figure 1.4 (Becker, 2003). La quantité de travail est distribuée de façon égale sur les quatre postes d'assemblage.

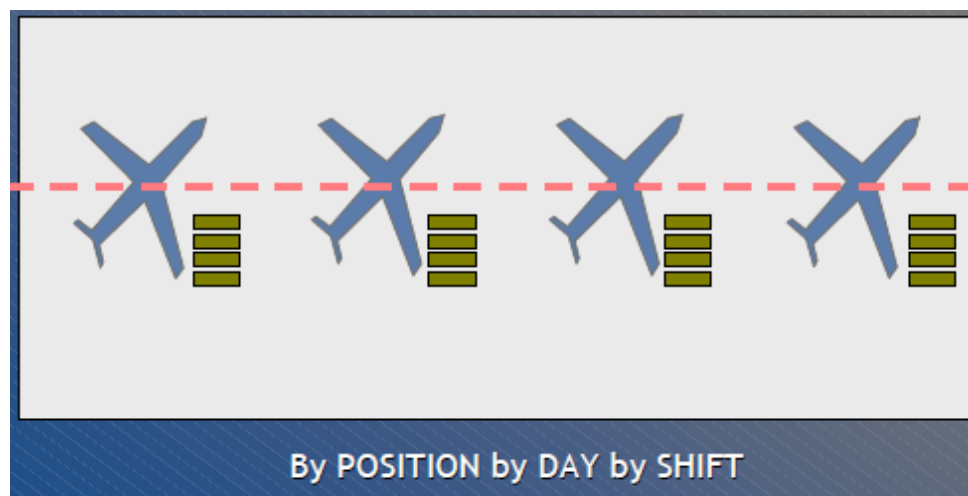


Figure 1.4 : Exemple de chaîne d'assemblage d'avion équilibrée (Becker, 2003)

Par ailleurs, la variabilité que peut subir l'entreprise telle que l'augmentation ou la diminution imprévues du nombre de commandes peut introduire des contraintes telles que le recours au temps supplémentaire ou la sous-utilisation des employés. D'autres causes de variabilité telles que les pannes machines ou l'absentéisme peuvent nuire au fonctionnement du JIT (Mollet, 2004). Ce concept requiert une planification rigoureuse et un processus d'amélioration permanente. Il fait appel à un autre mode d'organisation de la production qui est le flux tiré.

Le flux tiré est un mode de production issu de l'application du système JIT et du principe de lissage de la production. Il consiste à déclencher la fabrication d'un produit, si et seulement si le client lance une commande : par exemple, la production d'un processus fournisseur A est déclenchée par la commande du processus client B. Le contraire d'un flux tiré est le flux poussé. Il caractérise une production sur une base de prévision non encore requise par le client. L'objectif d'un système de production en flux tiré est de réduire essentiellement les inventaires et les stocks (Grebici, 2010).

Finalement, un aperçu des sept aspects à considérer pour garantir le succès du JIT est proposé dans la Figure 1.5 :

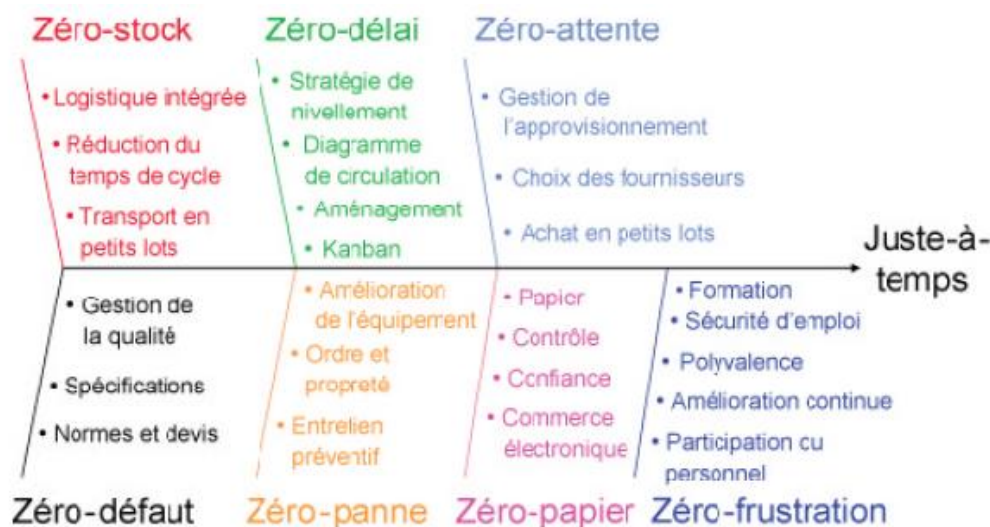


Figure 1.5 : Aspects à considérer pour mettre en œuvre le JIT (Menard, 2005)

1.3.3 Le Kaizen ou l'amélioration continue

Le troisième principe du Lean commun est le Kaizen ou l'amélioration continue. Ce concept trouve son origine dans deux mots japonais, *kai* et *zen*, qui signifient respectivement « changement » et « bon » (Hohmann, 2003). La traduction française de *Kaizen* renvoie à l'amélioration continue d'un processus donné en utilisant la participation et les suggestions des employés. L'objectif du Kaizen est d'améliorer les processus de l'entreprise graduellement en créant le plus de valeur ajoutée possible et en éliminant les gaspillages (Magazine, 2007).

Ce concept a été rendu public par le fondateur du Kaizen Institute et l'auteur de *Gemba Kaizen*, Masaaki Imai's (Imai, 1997). Il suit la logique de la roue « PDCA » (*Plan, do, act*) développée par Edwards Demming². Le « PDCA » est un processus d'amélioration continue qui permet de vérifier que le résultat correspond bien aux objectifs définis lors de l'étape de la planification (*plan*) et d'ajuster les actions en cas d'écart. La Figure 1.6 illustre le principe du « PDCA ».

² William Edwards Demming est un statisticien, professeur et chercheur américain né le 14 octobre 1890. Il est connu pour avoir aidé les entreprises américaines à l'amélioration de leur production et pour son illustration de la méthode de gestion de la qualité appelée « la roue de Demming » ou « PDCA ». Cette méthode l'a rendu populaire auprès des entreprises japonaises après la Seconde Guerre mondiale (William Edwards Deming (1900-1993)).



Figure 1.6 : Roue de Deming (Fernandez, 2013)

Les différentes étapes successives du « PDCA » sont les suivantes (Chardonnet & Thibaudon, 2003) :

- **plan** : « planifier »; cette étape a pour objectif de définir et préparer les plans à mettre en place pour atteindre les objectifs d'amélioration. Par exemple, l'amélioration des flux de production pour réduire de 50 % les temps de cycle;
- **do** : « faire » ou « déployer »; il s'agit de mettre en œuvre la solution identifiée dans l'étape *Plan*. Par exemple : l'aménagement en ligne droite pour l'optimisation des flux de production;
- **check** : « vérifier »; cette étape a pour but de vérifier si les objectifs ont été atteints après l'étape de réalisation de la solution. Par exemple : on vérifie si les objectifs de réduction des temps de cycle ont été atteints;
- **act** : « agir »; cette étape vise à combler les écarts, analyser de nouvelles améliorations et retourner à l'étape *Plan*. Par exemple : les objectifs du temps de cycle ont été atteints mais de nouvelles opportunités ont été identifiées pour le réduire davantage.

L'élément le plus critique dans la pratique du Kaizen est l'engagement des gestionnaires et du management; c'est d'ailleurs la cause principale de l'échec des entreprises dans la mise en œuvre du Kaizen (Masaaki, 1986). Pour réussir une approche Kaizen, 10 principes doivent être suivis (Hamel, 2009) :

1. abandonner les paradigmes et les idées préconçues;

2. réfléchir à comment faire au lieu d'expliquer ce que l'on ne peut pas faire;
3. réaliser aussitôt les bonnes propositions d'amélioration;
4. ne pas chercher la perfection;
5. corriger l'erreur immédiatement sur place;
6. trouver des idées dans la difficulté;
7. chercher la cause racine du problème en premier, ensuite la solution au problème;
8. prendre en compte les idées de 10 personnes et ne pas attendre l'idée géniale d'une seule personne;
9. essayer et ensuite valider;
10. ne jamais perdre de vue les possibilités d'amélioration, l'amélioration continue étant infinie.

1.3.4 La qualité parfaite Jidoka, le deuxième pilier du Lean

Le quatrième concept du Lean commun représente le deuxième pilier du Lean, appelé *Jidoka*. Il vise à construire la qualité dans le produit en détectant les défauts dans le processus. Ce principe prône l'arrêt de la production et le déclenchement d'un processus de résolution de problème au lieu de laisser passer un produit défectueux et de continuer la production. Il s'agirait donc de construction de la qualité à la source (Ballé, 2004).

Au tout début des années cinquante, le fondateur du Lean, Taiichi Ohno, a travaillé à rompre l'organisation par type de machines et à optimiser les flux de production en regroupant les machines et en les mettant en cellules (Ballé, 2004). Il s'est rendu compte que chaque machine était occupée par un opérateur. Étant donné que la cadence de production des machines et des opérateurs était désynchronisée, les employés pouvaient attendre les machines et ne rien faire. Ohno a donc parlé de « séparation des machines et des hommes » et associé ce principe au Jidoka. Ce dernier a alors proposé qu'un opérateur soit en charge de deux à quatre machines en même temps afin de rendre les équipements plus autonomes (Ballé, 2004). De plus en plus, les nouvelles technologies intègrent les principes de l'autonomisation et des mécanismes de détection automatique des défauts; les opérateurs n'ont donc pas à les surveiller.

Une entreprise Lean devrait être en mesure de détecter et résoudre les problèmes dès leur apparition; Liker (2004) propose une démarche en trois étapes qui permet d'atteindre cet objectif et d'identifier les dysfonctionnements comme une erreur d'assemblage d'une pièce A avec une pièce B au lieu d'une pièce A avec une pièce C. Ces étapes sont détaillées comme suit (Liker, 2004) :

1. **utilisation du « aller voir »** : le « aller voir » est issu du *Genchi Genbutsu*. C'est un outil important dans une approche Lean. Fujio Cho a insisté sur l'importance de ce concept dans une démarche Lean : « Go see, ask why, show respect ». L'utilisation du « aller voir » permet aux gestionnaires et aux managers d'évaluer rapidement les situations des lieux de travail et de faire des observations efficaces. Les outils tels que le travail standard, le 5S, le flux pièce à pièce et le Andon sont souvent utilisés pour rendre cette évaluation efficace. Voici une description détaillée de ces outils :
 - **travail standard** : le travail standard est le sixième des 14 principes Lean décrits par Liker (2004) dans *The Toyota Way*. Le travail standard est une description détaillée de l'exécution des tâches pour fournir un produit ou un service en toute sécurité avec la performance requise en matière de qualité, de coût et de productivité. Le principe repose sur la logique de maintenir une répétabilité dans les processus, les méthodes de travail et les opérations de production. Tous les employés devraient construire et suivre le standard afin d'améliorer l'efficacité du travail. La mise en place du travail standard permet d'identifier facilement tout écart de performance.

La mise en œuvre du standard est importante pour construire la qualité. Pour réussir, il est important qu'il soit maintenu et suivi chaque jour. L'entreprise doit former ses employés, mettre en place des systèmes d'audits et d'indicateurs de mesure afin de s'assurer de son maintien. Un exemple de standard souvent utilisé dans les entreprises s'avère être les instructions de travail, dont une illustration concernant l'assemblage des composantes du Boeing 737 est montrée sur la Figure 1.7. L'instruction de travail est affichée sur le poste de travail avec des photos pour indiquer aux opérateurs les tâches critiques (Becker, 2003).



Figure 1.7 : Exemple d'instruction de travail standard dans une chaîne d'assemblage de Boeing (Becker, 2003)

- **la méthode 5S** : le 5S est l'abréviation des cinq mots japonais commençant par un S : *Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke*. Le 5S est un outil Lean facile à mettre en œuvre. Les cinq S sont expliqués dans le Tableau 1.3.

Tableau 1.3 : Explication des 5S

5S	Définition
<i>Seiri</i> : trier	Garder le strict nécessaire sur le poste de travail et se débarrasser du reste. Ceci évitera de rechercher par exemple des outils, des documents et favorise la propreté du poste.
<i>Seiton</i> : arranger	Disposer les outils et les objets de manière fonctionnelle, remettre les objets à leur place, les identifier et définir les règles de rangement. Pour y arriver : ombrer les emplacements des outils sur les tableaux, peindre le sol afin de visualiser les saletés.
<i>Seiso</i> : nettoyer régulièrement	La propreté des lieux de travail permet de détecter facilement les anomalies. Pour y arriver : définir les zones à nettoyer avec des responsables, nettoyer le poste, les allées, les machines, définir la fréquence et le moment du nettoyage.
<i>Seiketsu</i> : standardiser	Respecter les 3S précédents, suivre les règles définies précédemment.
<i>Shitsuke</i> : suivre et faire évoluer	Mettre en place un processus de suivi et de maintien des règles, les appliquer, les documenter, les vérifier et corriger les écarts. Pour y arriver : suivre le cycle « PDCA », inclure le 5S dans des audits qualité.

Un exemple de tableau de rangement d'outils est proposé à la Figure 1.8.



Figure 1.8 : Exemple de rangement d'outils de travail (Becker, 2003)

2. Utilisation du *One Piece Flow* et du Andon

Le flux pièce à pièce ou le *One Piece Flow* est un mode de production qui consiste à faire passer une seule pièce à la fois d'une étape A à une étape B en suivant une cadence de production donnée.

La cadence de production appelée aussi *Takt-Time* signifie « rythme » ou « compteur ». La cadence est définie comme le rythme de production auquel le client achète le produit. Il se calcule comme suit :

Le Takt – Time

$$= \frac{\text{temps de travail disponible par jour (exemple : 8 heures par jour)}}{\text{la demande du client par jour (exemple : 3 voitures par jour)}}$$

Le système pièce à pièce a l'avantage de minimiser la quantité des inventaires, d'optimiser l'utilisation des espaces de production, la réduction des coûts d'immobilisation des stocks, et d'améliorer la qualité et le moral des employés.

La première apparition du Andon dans le milieu industriel a eu lieu au Japon avec l'invention du premier métier à tisser par Sakichi Toyoda. Celui-ci a conçu plusieurs dispositifs automatiques dans le but de détecter les anomalies dans le procédé de tissage. Le système Andon s'est ensuite développé dans l'entreprise Toyota à travers le TPS et intégré par la suite dans la démarche Lean comme un outil indispensable pour atteindre l'objectif de

zéro défaut. Tel que présenté précédemment dans la maison Toyota, le Andon est l'un des trois outils du principe du Jidoka.

Cet outil est souvent défini par un signal d'alarme qui permet à l'opérateur d'arrêter la production lorsqu'un problème apparaît lors de l'assemblage d'une pièce. L'opérateur tire un fil au-dessus de sa tête, un panneau lumineux s'affiche, et l'équipe d'intervention dont le superviseur en fait partie se présente pour résoudre le problème.

Chez Toyota, le Andon est plus qu'un signal, c'est une philosophie qui se bâtit autour d'une discipline, avec des gens impliqués et des processus de résolution de problème rigoureux. Lorsque le signal est donné par l'opérateur ou la machine, les répondants tels que les superviseurs, le représentant en qualité ou un responsable des méthodes sont immédiatement immobilisés sur place pour procéder à une résolution de problème.

Il est important de préciser que le Andon est avant tout un système d'information sur les non-conformités; le fait que l'opérateur tire la sonnette d'alarme n'est pas de sa responsabilité directe. D'ailleurs, Jim Womack et Dan Jones l'ont défini ainsi : « Système de contrôle visuel installé dans un atelier, composé d'un tableau électronique suspendu visualisant la situation des opérations de production et signalant les problèmes dès leur apparition. » (Womack & Jones, 2005)

Malheureusement, plusieurs entreprises nord-américaines se contentent d'un simple signal sonore ou visuel qui permet aux employés d'arrêter la ligne. Un exemple de signaux Andon est montré à la Figure 1.9.

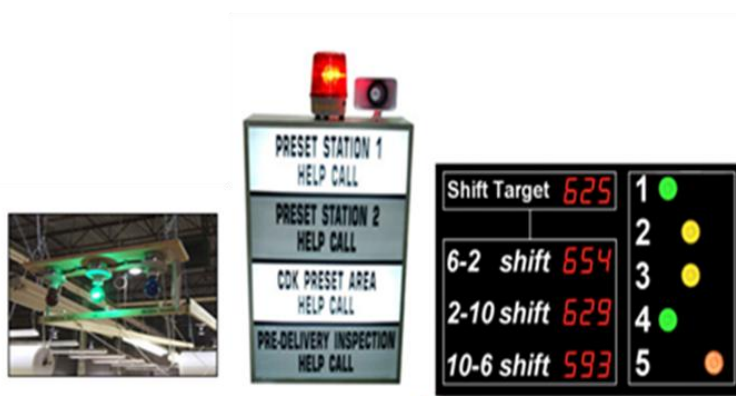


Figure 1.9 : Exemples de signaux Andon

3. Utilisation de la méthode de résolution de problème et les cinq pourquoi

La méthodologie de résolution de problème est une méthode structurée qui permet de réfléchir de manière critique à la résolution d'un problème complexe et à la prise des bonnes décisions basées sur des faits. En cas de problème ou d'écart, la méthode consiste à suivre les étapes suivantes (Liker, 2004) :

- recueillir les informations avec les personnes concernées;
- définir clairement le problème en se basant sur des faits;
- localiser les lieux où le problème est survenu;
- rechercher les causes racines en utilisant la méthode des cinq pourquoi;
- prioriser, investiguer pour mettre en place des contre-mesures;
- standardiser la solution.

Un exemple d'utilisation de la méthode des cinq pourquoi est présenté dans le Tableau 1.4.

Tableau 1.4 : Exemple de méthode des cinq pourquoi (Scholtes, 1998)

Définition du problème : présence d'huile machine sur le plancher de production	
Pourquoi?	Parce que la machine a des fuites.
Pourquoi?	Le joint d'étanchéité s'est détérioré.
Pourquoi?	Nous avons acheté un joint d'étanchéité de qualité inférieure.
Pourquoi?	Nous avons eu des bons prix lors de l'achat.
Pourquoi?	Parce que l'agent des achats a suivi la procédure d'analyse des achats pour le court terme. Le prix offert par le fournisseur permettait d'épargner des coûts.
Solution : effectuer des changements dans les procédures et règles d'achat.	

1.3.5 La gestion visuelle

La gestion visuelle est un concept Lean commun qui consiste à mettre en place des indicateurs visuels qui permettent aux employés et aux managers de l'entreprise d'identifier rapidement un écart par rapport au standard (Liker, 2004). Ce concept facilite la gestion de performance entre managers et employés et la rend efficace. Ainsi, l'affichage des objectifs de l'entreprise sous

forme d'indicateurs facilite le dialogue et la communication cohérente. La gestion visuelle permet aussi de faire aboutir des contre-mesures aux déviations et de saisir l'évolution de la situation en temps réel. Une section de ce chapitre sera consacrée aux types d'indicateurs de mesure et sera présentée plus en détail.

Un exemple de gestion visuelle est proposé dans la Figure 1.10.



Figure 1.10 : Exemple de gestion visuelle d'une chaîne d'assemblage de Boeing (Becker, 2003).

1.3.6 Le développement des employés

Le sixième et dernier concept Lean commun concerne la place de l'humain dans l'entreprise et dans l'implantation de la démarche Lean. Il est important de rappeler qu'un des objectifs visés par la démarche Lean est de faire progresser l'organisation vers la performance et de garantir la pérennité de cette progression. Or, sans la participation et l'implication de l'humain, cette progression n'est pas possible. Taiichi Ohno souligne l'importance du travail d'équipe et de l'employé de Toyota et indique que « les salariés ne vont pas chez Toyota pour travailler, ils y vont pour penser », rappelant du même coup l'importance de l'humain dans une organisation comme Toyota.

Pour faciliter l'implication de l'humain dans l'organisation, Liker (2004) suggère un mode de management de type participatif qui favorise la délégation, la formation et le développement des compétences des employés. En effet, l'employé qui travaille sur le terrain est le premier à pouvoir expliquer le mode de fonctionnement de son environnement de travail, il est le premier à pouvoir

faire remonter les idées d'amélioration continue en vue de faire progresser l'organisation (Liker, 2004).

Prenons par exemple les ateliers Kaizen : ils ont la vocation de permettre aux employés de production de participer aux activités, de proposer des idées de rangement de leurs outils de travail et de mettre en place leurs idées.

En somme, signalons que l'ensemble des concepts Lean communs présentés précédemment (l'élimination des gaspillages, le juste-à-temps, la qualité, le Kaizen ou l'amélioration continue, la gestion visuelle et le développement humain) sont étroitement liés et visent un objectif commun qui est la performance et la compétitivité de l'entreprise.

1.4 L'implantation de la démarche Lean, résultats et enjeux

Le Lean est devenu une démarche stratégique pour assurer la performance et la compétitivité des entreprises. Cette section sera consacrée aux différentes méthodologies de mise en œuvre de la démarche Lean référencées dans la littérature et proposées par différents auteurs et études.

1.4.1 Quelle démarche Lean adopter?

Plusieurs organisations s'intéressent à la méthodologie de mise en œuvre du Lean. Womack et Jones proposent de commencer par l'analyse des flux de production et des activités de chaîne de valeur en utilisant l'outil de cartographie des flux (VSM). Comme nous avons pu le voir dans la section 1.2, Womack et Jones proposent l'intégration de l'ensemble des outils et des principes Lean dans un système (Womack & Jones, 2005). De plus, les principes Lean sont liés entre eux et font partie d'une démarche globale. Plusieurs chercheurs sont en accord avec cette vision du Lean (Baglin & Capraro, 1999); (Womack & Jones, 2005); (Alarçon, Calderon, Diethelm & Rojo, 2008).

L'entreprise de consultants McKinsey propose une méthodologie Lean fondée sur l'équilibre de trois éléments (Fine, Hansen, & Roggenhofer, 2008) :

1. le système de management inclut le processus de la gestion de performance basé sur la mesure de la performance à travers la révision des indicateurs visuels et des tableaux de suivi. La définition du travail standard, la fixation des objectifs, l'implication des opérateurs et la résolution de problèmes sont des outils indispensables au système de

gestion de performance. McKinzey propose des audits fréquents sur le terrain pour s'assurer du respect des standards. À part la gestion de la performance, ce système inclut la façon dont le management gère l'atteinte des objectifs de l'entreprise.

2. le système opératoire inclut la façon dont les activités, les flux et les ressources sont configurés afin de maximiser la valeur ajoutée et de minimiser les gaspillages (par exemple, l'aménagement en flux continu pour l'optimisation des flux de production, ou le nivellement du volume de production);
3. l'état d'esprit et les attitudes des employés rendent compte de la façon dont ceux-ci se comportent et se développent dans l'entreprise.

La Figure 1.11 présente le modèle Lean de McKinzey.

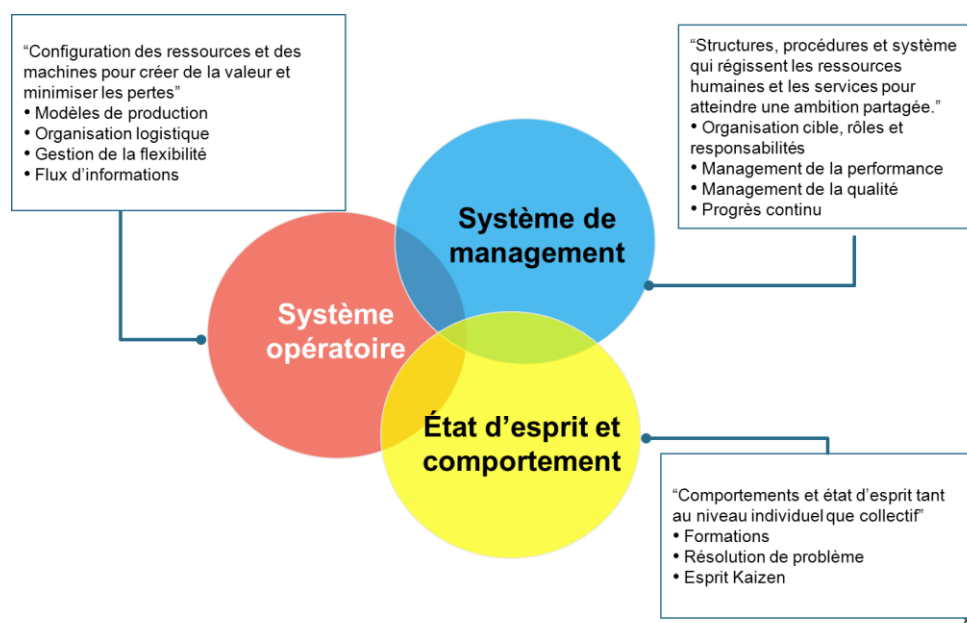


Figure 1.11 : Méthodologie Lean selon McKinzey & Compagny

Les recherches menées par Thomas Shields (1996) dans le cadre de l'initiative The Lean Aircraft Initiative, dont une description plus détaillée sera donnée dans ce chapitre, proposent une méthodologie d'implantation Lean fondée sur quatre étapes :

1. la construction d'une infrastructure Lean pour supporter la progression : cette étape consiste à identifier les objectifs d'affaires et la vision stratégique de l'entreprise basés sur le *benchmarking* des entreprises performantes dans le domaine;
2. la réingénierie des flux de production : cette étape vise à optimiser les flux de production en utilisant le Kaizen, le travail standard, la simulation des flux de production et la gestion visuelle;
3. la réorganisation du management des opérations : à cette étape, il s'agit de développer les compétences des employés et des gestionnaires, de donner de la formation et de mettre en place un système de production de type flux tiré;
4. la promotion de l'amélioration continue : cette étape a pour objectif de mettre en place des processus d'amélioration continue pour atteindre les objectifs de qualité, de flexibilité et de capacité de production.

Le modèle a été développé pour les entreprises caractérisées par des opérations à faible volume et haute complexité telles que les entreprises œuvrant dans le domaine de l'aéronautique (Kilpatrick, et al., 1997). Le modèle proposé par les chercheurs est présenté à la Figure 1.12.

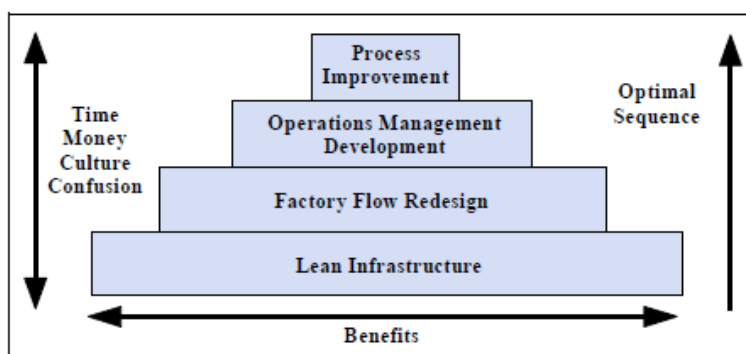


Figure 1.12 : Modèle Lean proposé par Shields *et al.* tiré de (Kilpatrick, et al., 1997).

Les chercheurs ont mené 12 études de cas pour tester le modèle et valider l'ordre optimal d'exécution des quatre étapes. Les résultats ont montré que dans plus de 50 % des études de cas, les trois premières étapes étaient implantées. Dans 86 % des cas, la première étape est celle de la construction du modèle d'infrastructure Lean tel que proposé par les chercheurs. Finalement,

dans 75 % des études de cas, l'ordre de l'étape deux à quatre est suivi, tel que proposé dans le modèle (Kilpatrick, et al., 1997).

Finalement, il existe plusieurs points communs entre la méthodologie d'implantation d'une démarche Lean; en revanche, la littérature ne montre pas qu'il existe un standard de méthodologie clé en main applicable à toutes les organisations voulant mettre en œuvre cette démarche.

1.4.2 Impacts de la démarche Lean sur la performance de l'entreprise

De nombreuses études et auteurs se sont intéressés aux effets du Lean sur la performance manufacturière et industrielle des entreprises (Shah & Ward, 2007; Baglin & Capraro, 1999; Cagliano, Caniato, & Spina, 2004; Rivera & Chen, 2007; Womack & Jones, 2005; Kilpatrick, 2003; Abdulmalek & Rajgopal, 2007). À partir de ces études, les impacts positifs et négatifs du Lean Manufacturing seront répertoriés dans cette section.

1.4.2.1 Impacts positifs de la démarche Lean

Les bénéfices du Lean peuvent être classés en trois catégories : opérationnelles, administratives et stratégiques (Kilpatrick, 2003).

Du point de vue opérationnel, les principaux bénéfices et indicateurs de performance opérationnelle sont la réduction des temps de cycle, la réduction des coûts de production, la réduction des stocks ainsi que l'augmentation de la productivité (Kilpatrick, 2003).

En effet, une étude menée par le Manufacturing Extension Partnership (NIST³) auprès de 40 entreprises a mis en évidence une réduction du temps de cycle de 90 %, une augmentation de la productivité de 50 %, une réduction des stocks de 80 %, une augmentation de la qualité de 80 % et une réduction de l'espace utilisé de 75 %.

Dans cette étude fondée sur les recherches de (Kilpatrick, 2003), les gains engendrés par le Lean, du point de vue administratif, sont principalement l'allègement des processus administratifs, la réduction de la documentation et, surtout, l'augmentation de la qualité des services livrés aux clients.

³ NIST : National Institute of Standards and Technology situé aux États-Unis

Enfin, d'un point de vue stratégique, des gains reliés à l'augmentation du volume des ventes ont été constatés auprès des entreprises qui ont mis en œuvre la démarche Lean (Baglin & Capraro, 1999; Kilpatrick, 2003).

Outre les gains opérationnels, administratifs et stratégiques, d'autres gains et bénéfices ont été évoqués dans ces études (Baglin & Capraro, 1999). L'exemple le plus cité est celui de l'amélioration de la motivation et du moral des employés.

En effet, les employés participent activement dans les projets d'implantation de démarches Lean. Ils reçoivent des formations et du support afin de faciliter la compréhension et l'utilisation des différents outils et concepts. Ces formations contribuent fortement à l'amélioration des compétences et de la polyvalence des employés (Baglin & Capraro, 1999). Une étude menée par l'Association des Manufacturiers et Exportateurs du Québec (MEQ) auprès de 28 entreprises de plus de 50 employés au Québec a été réalisée en 2009. L'échantillon des entreprises représente un total de 77 099 emplois, soit 7,3 % des emplois au Québec (Manufacturiers et exportateurs du Québec, 2009).

L'objectif de l'étude était d'évaluer le niveau d'intégration des outils Lean, le niveau de formation Lean présent dans les entreprises, les perceptions des employés et des parties prenantes et, finalement, le niveau de performance de ces entreprises suite à la démarche Lean (Manufacturiers et exportateurs du Québec, 2009).

Concernant la formation Lean, l'étude a montré que près de 50 % des entreprises offrent moins d'une journée de formation sur le Lean, alors que seulement 20 % offrent une formation de plus de trois jours.

En ce qui a trait aux impacts positifs du Lean, 95 % des personnes sondées disaient être satisfaites du progrès du Lean. 96,4 % des entreprises sondées ont rapporté des bénéfices qui leur ont permis d'être plus compétitives sur le marché. Par ailleurs, des améliorations de l'environnement de travail ont été rapportées par 52 % des personnes sondées (Manufacturiers et exportateurs du Québec, 2009).

1.4.2.2 Impacts négatifs et critique de la démarche Lean dans la littérature

Certains travaux (Cusumano, 1994; Daille-Lefevre *et al.*, 2013; Metzinger, 2009-2010) ont mis en évidence l'augmentation du stress du personnel comme un impact négatif généré par

l'implantation d'une démarche Lean. Ces résultats doivent être nuancés car d'autres travaux révèlent que le Lean tend à réduire le stress du travailleur et améliorer le moral des employés (Baglin & Capraro, 1999; Ballé, 2004).

L'augmentation des horaires de travail des employés, des cadences de production et d'intensification de la charge de travail sont cités à plusieurs reprises dans la littérature (Baglin & Capraro, 1999; Cusumano, 1994; Kamata, 2008).

L'intensification des horaires entraîne trois effets importants inter reliés qui portent atteinte à la santé des travailleurs (Denis, 2010) :

1. l'augmentation de la charge physique globale du travail, qui peut se traduire en troubles musculo-squelettiques (TMS);
2. l'augmentation des contraintes psychologiques qui entraînent principalement du surmenage et du stress;
3. la diminution des possibilités de réguler le travail.

En revanche, comme expliqué précédemment, il est difficile d'affirmer que ces effets sont liés au Lean. L'impact négatif du Lean sur la santé des travailleurs serait plus lié aux décisions prises par le management. En effet, l'étude menée par Conti *et al.* (2006) auprès de 1 391 employés a confirmé qu'il n'existe pas de lien entre le stress des employés et le Lean (Angelis, Conti, Cooper, Faragher & Gill, 2006).

1.5 Les méthodes d'évaluation de l'implantation Lean, méthodes quantitatives et qualitatives

1.5.1 Observations instantanées

La méthode des observations instantanées est une méthode quantitative de recherche d'informations sur la réalité du déroulement des opérations (Benedetti & Stevenson, 2007). C'est une approche statistique qui permet à l'observateur de prendre des échantillons de l'activité à observer et d'évaluer la répartition des catégories de ces mêmes activités (Hohmann, 2009).

L'objectif de la méthode est d'évaluer les parts d'activités à valeur ajoutée et celles des activités sans valeur ajoutée (Hohmann, 2009). L'analyse fournit des éléments de synthèse

factuels qui permettent d'identifier de façon efficace les leviers d'amélioration et les causes d'inactivité d'un poste de travail (Benedetti & Stevenson, 2007).

La méthode consiste à se positionner dans un espace qui permet à l'observateur d'avoir un champ de vision assez large sur la zone à observer. À chaque fois que l'observateur lève les yeux, il identifie de manière instantanée la catégorie d'activité en marquant un bâton sur une feuille d'observation (Hohmann, 2009). Un exemple de feuille d'observation est proposé à la Figure 1.13.

Date	Heure	Ligne	Observateur			
Travail	Approvisionnement	Attente	Rupture d'approvisionnement	Pause	Autres	Total

Figure 1.13 : Exemple des catégories d'activités observables sur le formulaire d'observations (Hohmann, 2009)

1.5.1.1 Nombre d'observations, fréquences et temps requis

L'intervalle des observations est déterminé à l'aide de la table des nombres au hasard⁴ selon le principe d'échantillonnage (Brisley, 2001). D'après Hohmann, (2009); Laden, Meney, Petit & Ringot, (1998), le nombre d'observations et la précision visée sont calculés à l'aide de la formule suivante :

$$N = 4 \frac{(1 - P)/S^2}{S^2} X P$$

Avec :

- N est le nombre d'observations à effectuer;
- P est le pourcentage d'engagement prévu (décimal);
- S est la marge d'erreur souhaitée donnée en pourcentage.

⁴ Voir annexe(G)

1.5.1.2 Étapes d'observations

La méthodologie détaillée des observations en sept étapes est résumée dans le Tableau 1.5.

Tableau 1.5 : Méthodologie d'observations en sept étapes (Hohmann, 2009; Laden, Meney, Petit & Ringot, 1998)

Description	Outil
Déterminer le nombre d'observations à réaliser, en tenant compte d'un taux d'engagement P et de la marge d'erreur S souhaitée	Calculer le nombre d'observations $N=4(1-P)/(S^2XP)$ P= taux d'engagement fixé par exemple à 95% S= Marge d'erreur de 5% $N=(1 - 0.95) / (0.05^2 \times 0.95) = 84$, nombre minimal d'observations à faire.
Déterminer les heures d'observation en tenant compte des heures de repos Utiliser la table des nombres au hasards, et associer les nombres qui représentent des minutes, aux heures d'observation. Choisir un nombre dans la table et débiter la série du haut vers le bas. Si la colonne est terminée, passer à la colonne suivante. Déterminer le nombre de jours nécessaire pour effectuer les observations	Utilisation de la table des nombres aux hasards Une période de 3 semaines était nécessaire pour effectuer les observations.
Effectuer les observations Inscrire les observations sur une table de calcul, où N+ représentent les éléments visibles qu'on souhaite observer	N+= nombre d'observations valides. Par exemple les activités à valeur ajoutée N= nombre d'observations
Déterminer le taux d'engagement P à la fin de chaque journée d'observation	$P = N+ / N$
Déterminer la marge d'erreur S à la fin de chaque journée d'observation	$S^2 = 4(1-P) / (N \times P)$
Analyser les résultats	Utilisation de la loi normale, pour une fiabilité de 95%, le taux d'engagement doit vérifier la relation: $P-2\sigma < P < P+2\sigma$
Évaluer P avec une marge d'erreur précise à l'aide d'un test statistique	Avec $\sigma = \sqrt{(P(1-P)/N)}$ σ représente l'écart type

1.5.1.3 Comment réussir les observations instantanées?

Dans le but d'assurer le bon déroulement de cette méthode, il est conseillé de respecter les conditions suivantes (Hohmann, 2003) :

- cibler les employés ou les machines à observer;
- informer les gestionnaires et les employés de l'objectif de l'observation;
- procéder aux observations sur un échantillon N (celui-ci équivaut à 50 observations);

- planifier des observations sur plusieurs quarts de travail.

1.5.2 Graphique de déroulement

La compréhension des processus est une étape importante pour la conception d'un système de production (Agard, 2004). Le diagramme de déroulement est une autre méthode quantitative utilisée pour la description détaillée d'un processus de production. Il indique la séquence des opérations exécutées par les employés afin de répondre à l'objectif de production. C'est aussi un outil d'identification des leviers d'amélioration et de réduction des sources de gaspillages (Benedetti & Stevenson, 2007). Ces opérations sont représentées par des symboles tels que montrés sur la Figure 1.14.


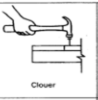
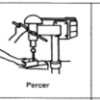
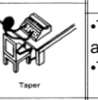


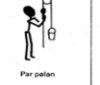













Activité	Exemple			Description
OPÉRATION 	 Clouer	 Perçer	 Taper	•Transformation (fabrication & assemblage) de matière •Traitement d'information
TRANSPORT 	 Par chariot	 Par palan	 A la main	•Déplacement à l'intérieur (manipulation) et à l'extérieur (transport) du poste/cellule
CONTRÔLE 	 Contrôle de la qualité ou de la quantité	 Lecture d'un cadran	 Lecture d'un document	•Comparaison avec la norme, contrôle de la qualité •Comptage •Recherche
ATTENTE 	 Matériau en attente d'utilisation	 Travailleur attendant l'ascenseur	 Documents en attente de classement	•Attente entre les opérations consécutives •Délais de procédé
STOCKAGE 	 Stockage en vrac	 Entreposage de produits finis	 Archivage	•Entreposage du matériel ou classement de l'information

Figure 1.14 : Les symboles du graphique de déroulement (Benedetti & Stevenson, 2007)

1.5.3 Diagramme spaghetti

Le diagramme spaghetti est une méthode d'analyse des flux physiques de production tels que les déplacements des matières, des produits ou des employés. Il sert à mettre en évidence :

- la complexité d'un processus et l'enchevêtrement des flux;
- les boucles, les retours et les croisements des flux;
- les distances parcourues par les matières, les produits et les employés.

L'objectif d'un diagramme spaghetti est d'identifier les leviers d'améliorations qui, eux, vont permettre de :

- minimiser les mouvements et les déplacements;
- simplifier et linéariser les flux;
- rendre les flux et les processus lisibles en rendant compréhensible instantanément à quel niveau de transformation se trouvent les produits, la matière et les employés.

1.6 Les méthodes d'évaluation de l'implantation Lean, méthodes qualitatives

Dans cette section, le lecteur prendra connaissance des différentes méthodes qualitatives utilisées pour évaluer les implantations Lean. Ainsi seront présentés la méthode d'enquête par entretiens, les objectifs de la méthode, ainsi que les étapes pour y arriver et le suivi de la méthode de la liste de vérification.

1.6.1 Enquêtes par entretiens

La cueillette des données par entretiens est une source d'informations importante utilisée surtout pour les études de cas (Gagnon, 2005). Elle permet de recueillir des informations qualitatives telles que les opinions et les perceptions des personnes interrogées et concernées par un projet particulier, son contexte, sa mise en œuvre, ses résultats et son impact (Landaburu, 1999).

Il existe plusieurs types d'entretiens suivant la méthodologie adoptée par le chercheur et suivant les besoins du contexte étudié : les entretiens par conversation informelle, les entretiens semi-dirigés avec un guide et les entretiens directifs suivant un questionnaire. La technique la plus utilisée est celle des entretiens semi-directifs (Landaburu, 1999).

Dans le but d'assurer le bon déroulement des entretiens, il est important de suivre les étapes suivantes :

- **étape 1 - la sélection des personnes à interroger** : la sélection de l'échantillon nécessaire à la conduite de l'entretien dépend du thème de l'étude et des moyens disponibles pour l'effectuer. Généralement, la taille de l'échantillon pour un entretien semi-directif est réduite comparativement à la taille d'échantillon de l'entretien par questionnaire. La sélection peut se faire directement par l'enquêteur ou par des tiers (par exemple, par les ressources humaines);

- **étape 2 - la conception de la grille d'entretien ou du questionnaire :** la grille d'entretien est construite à partir des thèmes que l'enquêteur souhaite comprendre et analyser. Il n'est pas nécessaire de suivre l'ordre des questions, l'enquêteur peut s'ajuster en fonction de la personne interrogée;
- **étape 3 - la sélection et la formation des enquêteurs :** il est important de respecter le bon déroulement de l'entretien et d'être à l'écoute de la personne interrogée. L'entretien nécessite un grand professionnalisme de la part de l'enquêteur. La création d'un lien de confiance entre l'enquêteur et la personne interrogée est une condition de réussite d'un entretien;
- **étape 4 - le déroulement de l'entretien :** l'enquêteur doit savoir exprimer clairement les sujets et les thèmes d'entretiens, il doit être objectif et ne doit pas influencer la personne interrogée en l'approuvant dans son affirmation et ses réponses. L'enquêteur peut utiliser un magnétophone pour enregistrer la conversation lorsque cela est possible. Il est nécessaire que l'enquêteur note toutes les remarques et les réponses des personnes interrogées;
- **étape 5 - l'analyse des résultats :** cette dernière étape vise à analyser et interpréter les informations recueillies lors des entretiens. L'enquêteur recherche les avis communs et divergents et procède à une analyse descriptive afin de répondre à l'objectif visé par ces entretiens (Landaburu, 1999).

1.6.2 Le niveau de maturité Lean, la liste de vérification (*check-list*)

La liste de vérification est une méthode d'évaluation simple souvent utilisée dans les audits de processus et a l'avantage de produire rapidement des données.

L'évaluation de la liste de vérification s'effectue à l'aide d'une échelle d'évaluation choisie par l'auditeur (Butters, 1998). Selon Butters (1998), la conception de cette liste doit être assez détaillée pour obtenir des données pertinentes en définissant de manière détaillée l'étendue de l'échelle utilisée.

Par ailleurs, cette méthode contient des limites, étant donné qu'elle masque des faits que l'on ne peut découvrir que par l'utilisation d'autres méthodes d'évaluation de type quantitatif telle que la méthode d'observation (De Montmollin, 1997).

1.6.2.1 Méthode d'évaluation de la maturité

La méthode IEMSE est utilisée lors des formulaires d'audits afin d'évaluer après quelques temps de mise en place la pérennité d'une nouvelle solution ou d'une nouvelle procédure. Cette méthode est souvent utilisée dans les démarches de Six Sigma⁵ à l'étape standardiser/pérenniser (Pillet, 2004).

La méthode consiste à répondre aux questions par les cinq (5) choix suivants (Duret & Pillet, 2005) :

I (Inexistant) : le principe est traité par l'entreprise;

E (Existant) : il existe une réponse montrant que le principe est pris en compte;

M (Méthode) : le principe Lean est traité selon une méthode susceptible d'être généralisée;

S (Systématique) : le principe est traité avec méthode et l'application est systématique (pérennité dans le temps);

E (Exemplarité) : la méthode, son application et ses résultats méritent d'être communiqués à l'extérieur, parce qu'ils sont efficaces, simples et efficaces.

Une échelle de 1 à 5 a été utilisée afin d'évaluer le niveau de maturité des éléments observés. Un score est donné à chaque réponse. La valeur 1 est attribuée à une réponse qui correspond à un principe inexistant et la réponse exemplaire correspond à une valeur de 5 (Duret & Pillet, 2005).

Barbara Lyonnet (2010) a évalué le niveau de maturité Lean des entreprises du pôle compétitivité dans la région de Haute-Savoie, en France, à l'aide d'un questionnaire lié aux six concepts Lean communs. Le questionnaire a été analysé en utilisant sur la méthode IEMSE. Pour faciliter la compréhension du lecteur sur l'utilisation de cette méthode, un exemple de questionnaire concernant l'évaluation de l'engagement de la direction et la mise en place du travail standard est présenté dans le Tableau 1.6.

⁵ Six Sigma est une démarche qui consiste à appliquer des concepts de la maîtrise statistique des processus; elle a été développée aux États-Unis dans les années 1980 dans l'entreprise Motorola (Pillet, 2004).

Tableau 1.6 : Exemple de grille d'évaluation tiré de (Lyonnet, 2010)

Engagement de la direction		
I	Inexistant	Aucun engagement de la direction à la mise en place des pratiques Lean
E	Existant	La direction s'intéresse à la démarche Lean mais doute de l'application de cette démarche au sein de son entreprise
M	Méthode	La direction a une bonne connaissance de la démarche Lean, mais n'a pas mis en place de démarche globale
S	Systematique	La direction est formée à la démarche Lean, a identifié une personne en charge de l'implantation de la démarche
E	Exemplaire	La direction est formée à la démarche Lean, a identifié une personne en charge de l'implantation de la démarche et participe activement aux actions entreprises
Travail Standard		
I	Inexistant	Il n'existe pas ou peu de procédures normalisées (étape par étape, organigrammes, fiches de postes...)
E	Existant	Quelques activités sont normalisées
M	Méthode	Des standards sont élaborés par l'ensemble du personnel, certains standards ne sont pas mis à jour
S	Systematique	Des standards sont élaborés et mis à jour régulièrement par le personnel de l'entreprise
E	Exemplaire	Des standards sont mis à jour régulièrement, des audits internes réguliers sont élaborés pour vérifier les écarts aux standards, les standards sont utilisés pour la formation

Des chercheurs du Center for Innovation Management (CENTRIM) de l'Université de Brighton ont développé un modèle de mesure de la maturité des processus d'amélioration continue et de la démarche Lean en cinq niveaux. Chaque niveau contient un ensemble de comportements que l'entreprise doit adopter afin de développer une capacité organisationnelle permettant de maintenir et d'améliorer la performance (Bressant & Caffyn, 1997). Le premier niveau de maturité du modèle contient les comportements en lien avec le processus de création des idées par les employés, la méthode de résolution de problème, la création des procédures de travail et la cartographie des processus de l'entreprise.

À travers chaque niveau de maturité, l'entreprise s'approprie beaucoup mieux le système mis en place, maîtrise les procédures et les processus et elle développe une structure organisationnelle orientée vers le Lean. Au cinquième niveau de maturité, l'entreprise doit bâtir et adopter un programme d'apprentissage organisationnel pour tous ses employés. Le programme doit être orienté autour de la démarche Lean afin entre autres que les décisions stratégiques découlent de cet apprentissage organisationnel autour du système Lean.

Une autre méthode d'évaluation de maturité CMM (« Capability Maturity Model ») a été développée en 1986 par le Software Engineering Institute (SEI) de l'Université Carnegie-Mellon aux États-Unis (Laforest & Tremblay). Cette méthode contient cinq niveaux et chacun permet d'évaluer le niveau de maturité du processus à améliorer en déterminant quels outils employer pour passer au niveau supérieur. Le modèle CMM est présenté dans le Tableau 1.7.

Tableau 1.7 : Évaluation de la maturité par la méthode CMM (Laforest & Tremblay)

Niveau de maturité	Description
1	Initial : les processus ne sont pas définis et la qualité des processus tient au savoir-faire de quelques personnes clés dans l'organisation. Ce savoir-faire n'est pas généralisé, ni partagé aux autres équipes. Il est impossible de l'améliorer à cette étape.
2	Reproductible : les processus sont définis, planifiés et suivis, mais ne sont pas formalisés. Les entrées et les sorties des différentes activités sont suivies et contrôlées. Les règles sont connues et appliquées par les ressources concernées.
3	Ajusté : Les processus sont formalisés, les pratiques d'assurance qualité sont mises en place. L'efficacité des processus est mesurée et renforcée. Les risques sont identifiés. Outils utilisés : cartographie des processus, résolution de problème, analyse et gestion des risques, audits de performance, indicateurs de base.
4	Maîtrisé : chaque processus clé est systématiquement mesuré par des indicateurs clés de performance en lien avec les objectifs de l'entreprise. L'objectif de l'entreprise est orienté vers l'optimisation des ressources et sur la valeur ajoutée des processus. Outils utilisés : cartographie de la chaîne de valeur (VSM), résolution de problème, maîtrise statistique des procédés, indicateurs reliés à la gestion de processus.
5	Optimisé : les processus sont en amélioration continue, l'organisation anticipe les problèmes. Des indicateurs sur l'amélioration continue sont mis en place. Outils utilisés : résolution de problème, méthodologie d'amélioration continue comme le Kaizen ou le Six Sigma, modélisation et simulation, indicateurs de performance et tableau de bord équilibré.

1.6.2.2 Comment piloter le niveau de maturité?

Des grilles d'audit ou des listes de vérification sont généralement construites à partir des méthodes d'évaluation de maturité et sont utilisées pour mesurer l'évolution des processus. Des fréquences d'audits déterminées d'avance sont planifiées par un responsable de processus avec une certaine autorité pour bien mener l'audit. Le responsable d'audit recueille l'information à l'aide d'indicateurs visuels pertinents et affichés sur les tableaux de bord, de documentation ou d'information fournie par le département audité (Duret & Pillet, 2005).

Dans le cas des observations sur le plancher, un exemple de grille d'audit 5S sur une échelle de un à quatre est illustré dans le Tableau 1.8. Le lecteur peut se familiariser avec le type de données observables lors d'un audit effectué sur le plancher de production (Des exemples de formulaires et bonnes pratiques à adapter à vos besoins, 2011).

En ce qui a trait aux méthodes d'obtention des informations, la revue de littérature nous a permis de constater que la plupart des résultats d'études et de recherches ont été obtenus à l'aide de questionnaires et d'observations directes dans l'entreprise, comme en témoignent les recherches de Barbara Lyonnet et de Shah et Ward présentées précédemment.

Tableau 1.8 : Exemple de grille d'audit 5S

		Notation			
	Description	1	2	3	4
1	Allées, bandes de sécurité et entretien de la zone de travail	Pas de bandes de sécurité, mauvaise tenue de l'atelier	Tenue de l'atelier moyenne, négligée	Bandes correctes, allée correctement dégagées et nettoyées	Bandes de sécurité excellentes, allées totalement tenues propres
2	Huile au sol	Huile au sol ignorée	De nombreuses taches d'huile, non totalement ignorées	Peu de taches d'huile, un nettoyage régulier est réalisé	Pas d'huile au sol
3	Poubelles dans les ateliers	Nombre insuffisant de poubelles (pas de suivi)	Poubelles sales, pleines et débordantes	Poubelles propres et remplies de façon adéquate, (preuve de suivi)	Poubelles toujours propres et utilisées correctement
4	Tableaux d'affichage	Sales et non à jour, présentation inadéquate des informations	Les tableaux ne sont pas propres, les informations sont partiellement à jour	Les tableaux sont propres, les informations sont à jour, bonne présentation et suivi	Les tableaux ont un aspect attrayant, ils sont bien présentés, toujours à jour, suivi continu

Tableau 1.8 : Exemple de grille d'audit 5S (suite et fin)

		Notation			
	Description	1	2	3	4
5	Pièces au sol	Toujours en grand nombre	Quelques pièces au sol	1 ou 2 entre les postes	Pas de pièce au sol
6	Machines et matériel	Pas d'entretien, (pas de système de suivi)	Un peu de nettoyage (suivi insuffisant)	Machines régulièrement nettoyées (système d'entretien en place)	Machines toujours propres (système performant d'entretien en place)
7	Utilisation d'équipement de sécurité (lunettes, chaussures...)	Non utilisé (pas de suivi)	Dans certains endroits, de nombreuses personnes ne portent pas l'équipement de sécurité (pas de suivi)	Le personnel porte l'équipement de sécurité, occasionnellement 1 ou 2 personnes ne les ont pas	100 % du personnel porte les équipements de sécurité (bon suivi)
8	Tableaux électriques	La plupart sont ouverts (pas de système de suivi en place)	Certains sont ouverts (suivi insuffisant)	Occasionnellement ouverts (preuve de suivi)	Toujours verrouillés (bon système de suivi en place)
9	Identification des lieux de travail : ateliers, services et bureaux	Pas d'identification	Nombreux lieux non identifiés	Peu de lieux non identifiés	Tous les lieux sont identifiés
10	Utilisation des enregistrements qualité	Pas de preuve de l'existence du système	Nombreux documents non utilisés et non classés	Peu de documents non utilisés et non classés	Toujours utilisés et bien rangés dans les classeurs

1.7 Les outils de pilotage et de suivi de l'implantation Lean

1.7.1 Tableau de bord équilibré

Le tableau de bord équilibré appelé communément le *Balanced Scorecard* a été développé dans les années 1990 par Robert Kaplan et David Norton. Le concept a été connu suite à la publication de *The Balanced Scorecard Measures that Drive Performance* en 1992. Il est défini comme un ensemble d'indicateurs de mesure construits à partir de la vision et des objectifs stratégiques de l'entreprise. Ces indicateurs sont fondés sur l'intégration de quatre leviers fondamentaux : les mesures financières, les mesures liées à la clientèle, les mesures liées aux processus internes, les mesures liées aux employés et les mesures liées à l'apprentissage. Ces

indicateurs permettent aux décideurs et aux gestionnaires de comprendre de manière détaillée l'état de santé et la performance de leurs activités (Kaplan & Norton, 1992).

L'idée principale du tableau de bord équilibré est de gérer l'ensemble des indicateurs de manière équilibrée et de ne pas se contenter de suivre un seul indicateur comme celui des bons résultats financiers (Kaplan & Norton, 1992).

Un exemple de tableau de bord équilibré tel que proposé par Kaplan et Norton (1992) est présenté à la Figure 1.15. :

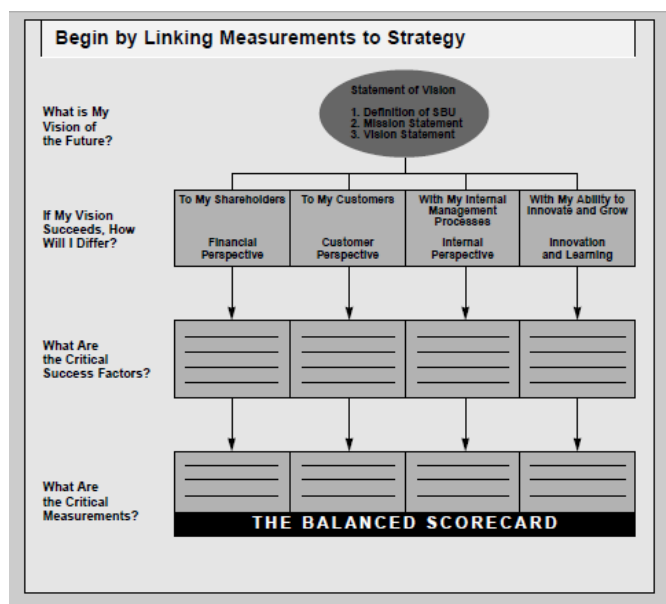


Figure 1.15 : Exemple de tableau de bord équilibré (Kaplan & Norton, 1992)

Kaplan (1992) a insisté sur l'importance de mettre en place une stratégie optimale de communication pour la réussite du maintien du tableau de bord équilibré et pour l'atteinte des objectifs. La stratégie de communication devrait être orientée vers la formation et la motivation des employés à participer activement au processus de mise à jour.

1.7.2 Indicateur clé de performance (KPI)

Un indicateur de mesure est défini comme une information ou un ensemble d'informations significatif qui permet à un décideur d'apprécier ou non une situation donnée (Fernandez, 2013). Un indicateur de mesure est généralement un chiffre ou une statistique qui résulte d'une collecte

de données liée à un processus et/ou une activité liés au fonctionnement de l'entreprise (Voyer, 1999).

En ce qui a trait à la qualité, les indicateurs de mesure les plus utilisés dans la démarche Lean sont liés à la mesure de la capacité d'un processus à produire des pièces bonnes du premier coup. Cet indicateur est suivi directement sur le plancher de production avec les opérateurs.

En matière de productivité, les indicateurs les plus utilisés sont la production par heure standard, la quantité des stocks en cours (WIP), les temps de cycle, et aussi les taux de rendement des machines.

La productivité peut être aussi la combinaison de plusieurs mesures comme le rendement (qui est le rapport entre la quantité produite et les coûts) ou la cadence de production (qui est le rapport entre la quantité et l'unité de temps) etc.

1.7.2.1 Indicateurs quantitatifs et qualitatifs

Les indicateurs à caractère quantitatif servent à obtenir un résultat mesurable d'un processus ou d'une activité donnée, par exemple : les observations sur le plancher de production et la mesure de la quantité des stocks sur le plancher de production, le nombre de dossiers traités, etc. Par ailleurs, il est parfois nécessaire de faire appel à d'autres indicateurs de type qualitatif, généralement plus faciles à obtenir pour compléter la mesure obtenue avec les indicateurs quantitatifs, surtout lorsque ces derniers sont difficiles à obtenir. Par exemple : les résultats des entretiens ou des sondages avec les employés sur leurs perceptions et leurs niveaux de satisfaction liés à un événement, un projet ou un processus donné (Voyer, 1999).

1.7.2.2 Indicateur opérationnel

Les indicateurs opérationnels sont liés directement au fonctionnement des activités de l'entreprise et à ses processus. Il s'agit par exemple de l'utilisation des ressources, des résultats de production, de la satisfaction des clients internes, etc. Ils sont mesurés de façon régulière afin d'apporter des correctifs rapidement sur le terrain (Voyer, 1999).

Les indicateurs sont mesurés sur une base quotidienne. Ils sont simples et compréhensibles pour les employés, et concernent par exemple le nombre d'heures de pannes, le nombre de pièces rebutées, etc.

Les indicateurs permettent de suivre l'évolution des opérations en temps réel, et permettent de proposer des contre-mesures rapides en cas de déviation, comme le suggère la méthode de résolution de problème.

Pour assurer le suivi et le maintien des indicateurs, il est important de considérer les éléments suivants :

- des revues systématiques et quotidiennes doivent avoir lieu entre les employés et les gestionnaires;
- la communication visuelle à travers les tableaux de bord doit être une priorité afin de favoriser les discussions avec tous les employés en faisant clairement apparaître les problèmes;
- les employés doivent maîtriser et s'approprier les indicateurs afin d'assurer le maintien de ces indicateurs.

1.7.2.3 Indicateurs stratégiques

Les indicateurs stratégiques sont liés à la mission et aux objectifs de l'entreprise. Ils sont arrimés à la fois aux indicateurs opérationnels et aux indicateurs externes (comme la position de l'entreprise par rapport à la concurrence). Généralement, ils représentent les bilans financiers de l'entreprise (Voyer, 1999).

1.7.3 Mécanisme de suivi et de mesure des indicateurs clés de performance

Toute organisation est amenée à évoluer dans le temps, à changer de stratégie, à changer de structure organisationnelle pour toutes sortes de raisons. Il est important de suivre régulièrement l'évolution de la performance et la cohérence de ses indicateurs de mesure.

Étant donné que le concept de tableau de bord équilibré s'inscrit dans une logique d'amélioration continue (Kaplan & Norton, 1992), l'outil le plus cité dans la littérature, qui permet de suivre l'évolution des indicateurs de mesure intégrés aux tableaux de bord équilibré, est l'outil *Plan, do, check, act* (« PDCA »). Tel qu'expliqué précédemment (dans la section 1.3.3 de ce chapitre), cet outil repose sur le principe qu'un progrès ne s'arrête jamais, qu'il est en perpétuelle amélioration. Cela permet de remettre en question les indicateurs et d'entamer un processus d'amélioration continue.

Le tableau de bord favorise la communication et l'échange d'informations entre les gestionnaires et les employés. Il stimule les discussions de performance et l'interaction entre les différentes fonctions de l'entreprise; pour cela il est important qu'il soit : simple et clair à comprendre; pertinent; avec des sources de données fiables et des délais de traitements courts.

Généralement, les indicateurs sont rapportés sur le tableau par les chefs d'équipe ou les employés directement. La mise à jour se fait chaque jour ou plusieurs fois par jour. Suivant la structure organisationnelle, les revues du tableau se font à plusieurs niveaux :

- entre le chef d'équipe et l'équipe;
- entre le chef d'équipe et les gestionnaires directs;
- et, finalement, entre les gestionnaires directs et les directeurs.

Des audits méthodiques et périodiques sont un outil efficace pour garantir le suivi et le maintien du tableau de bord.

1.8 Le *Lean Manufacturing* dans le secteur de l'aéronautique

L'industrie aéronautique a connu un essor remarquable en l'espace d'une décennie. Cet essor est principalement dû au besoin croissant des compagnies aériennes de renouveler leurs flottes vieillissantes.

Aujourd'hui, l'industrie aéronautique fait face aux mêmes défis rencontrés par l'industrie automobile dans les années 1950. L'augmentation du prix du baril du pétrole à plus de 140 \$ US, le souci de l'environnement et la concurrence de plus en plus importante sur le marché poussent les industries à développer leurs modèles manufacturiers afin de viser l'excellence manufacturière et de survivre à la concurrence.

Ces entreprises cherchent à maintenir par tous les moyens leur compétitivité et à réduire continuellement leurs coûts de production. Elles essayent pour cela d'adopter une approche d'innovation technologique, de transformation culturelle et de Lean Manufacturing (Gardner, 2009).

1.8.1 Bombardier Aéronautique

Bombardier Aéronautique a mis en place depuis 2005 une démarche d'amélioration continue, appelée le Système Atteindre l'Excellence (SAE). C'est une approche d'amélioration continue intégrant les meilleures pratiques et les meilleurs outils de classe mondiale dont des outils Lean Manufacturing. En effet, c'est une initiative Lean faite maison et qui est l'aboutissement d'un grand effort de réflexion de nombreuses personnes dédiées à cette initiative. De nombreux sites de l'entreprise y ont travaillé sans relâche pour amener l'organisation à un nouveau niveau de transformation culturelle depuis 2005. Ensuite, Bombardier Aéronautique s'est servi des expériences de l'industrie automobile telles que Toyota, Rotax et Pratt & Whitney pour intégrer le Lean dans la construction de la chaîne de valeur de son nouvel avion régional, soit le CSeries (Weber, 2011).

Les principes et outils du Système Atteindre l'Excellence sont (Mouvement québécois de la qualité, 2014) :

- le tableau de bord (affichage de données opérationnelles et transactionnelles);
- les rencontres journalières (communication et analyse quotidienne des données opérationnelles et transactionnelles);
- la résolution de problèmes (méthodologie structurée et standardisée pour solutionner les problèmes identifiés);
- le plan maître/plan détaillé (actions, mesures et stratégies assurant l'atteinte des objectifs), l'organisation du travail;
- les équipes spécialisées en amélioration continue pour soutenir les équipes de travail;
- la mise en place d'une équipe de gouvernance afin d'assurer le suivi de l'implantation du Système Atteindre l'Excellence;
- la formation de comités d'amélioration continue pour chacune des unités d'affaires ou fonctions afin de veiller sur la stratégie de déploiement.

L'organisation a introduit le concept de ligne en mouvement pour la nouvelle ligne de production du CSeries, tout en s'assurant d'intégrer une solution flexible, sécuritaire et ergonomique (Weber, 2011). L'objectif de la démarche Lean appliqué au programme CSeries

visé à optimiser les flux de production, à réduire les temps de cycle, à améliorer la qualité, à augmenter la santé et la sécurité des employés et à réduire les coûts de production (Bombardier Aerospace, 2013).

Les équipes de travail doivent suivre une certification en cinq étapes successives afin d'accéder au niveau supérieur. À chacune des étapes, l'équipe acquiert un niveau de maturité du système qui lui permet de passer à l'étape suivante. Les cinq étapes sont : l'étape Bronze, Argent, Or, Platine et, finalement, l'étape diamant. Des audits sont effectués par des équipes certifiées permettant d'identifier les écarts et mettre en place les mesures correctives à chacun des écarts identifiés. L'audit est effectué principalement sur les indicateurs du tableau de bord de la cellule auditée.

Le Lean chez Bombardier Aéronautique n'est que très peu référencé dans la littérature; il n'existe pas plus d'explication sur le Système Atteindre l'Excellence, les outils utilisés ainsi que les bénéfices que l'entreprise a réalisés par l'implantation de la démarche Lean.

1.8.2 Boeing

Jusqu'au début des années 1990, le modèle manufacturier de Boeing était caractérisé par un modèle conventionnel qui n'avait pas évolué, et ce, depuis le démarrage de ses premières unités de production (Subhadra, 2003). En effet, ce modèle était adapté à une production à haut volume ainsi qu'à des configurations d'avions identiques.

Mais la demande croissante du marché, la diversité des nouvelles configurations des avions demandées par les clients et, surtout, l'entrée en force du concurrent Airbus a rendu Boeing incapable de satisfaire la demande du marché en termes de délais de livraisons, de qualité, mais aussi de coûts. Il est clair que cette approche manufacturière, devenue désuète, nuisait à la réputation de Boeing et l'a poussée plus rapidement vers le changement et l'amélioration de son modèle manufacturier (Subhadra, 2003).

Boeing a alors commencé à implanter la démarche Lean en 1993 en s'inspirant de l'industrie automobile et surtout de Toyota. La compagnie a alors fait appel à une entreprise de consultants japonais afin de l'assister dans cette démarche. Le début du Lean pour Boeing a été testé pour sa division d'avions commerciaux (Jenkins, 2002).

En 1994, Boeing a mis en place une initiative d'amélioration continue appelée *Define and Control Airplane Configuration/Manufacturing Ressource Management* (DCAC/MRM). L'objectif du DCAC/MRM était de réduire les coûts de production, le temps de cycle et les non-qualités (Subhadra, 2003).

Orientée vers l'élimination de toute source de gaspillage, la démarche Lean de Boeing comprenait un plan de déploiement et d'implantation progressive dans le temps (Subhadra, 2003).

Boeing a mis en place des concepts Lean tels que les ateliers de maintenance autonome appelés *Autonomous Maintenance Workshop* (AMW), qui visent à responsabiliser les employés de production afin qu'ils vérifient et diagnostiquent les problèmes de machines de façon quotidienne. Cette responsabilisation prévient ainsi les arrêts machines et optimise l'efficacité des équipements.

En outre, Boeing a accordé une grande importance à l'implication des employés dans le changement des façons de faire. Elle a mis en place une démarche axée sur l'exploitation des idées des employés à travers des activités d'équipes appelées ateliers 3P. Ce concept signifie *Preparation, Process et Production*. L'objectif était de mobiliser les différentes fonctions en incluant les employés de production dans une activité d'amélioration continue et de recherche de solutions optimales.

L'initiative Lean Manufacturing de Boeing l'a aidée à se repositionner dans le marché de l'industrie aéronautique et lui a permis d'enregistrer des résultats et des bénéfices importants. Quelques bénéfices référencés dans la littérature sont résumés dans le Tableau 1.9.

Par ailleurs, en l'an 2000, Boeing a adopté le concept de ligne en mouvement pour l'assemblage de l'avion commercial 737 à l'usine de Renton⁶. Le principe de la ligne en mouvement est le déplacement d'un avion d'une position à une autre suivant un rythme de production de deux pouces par minute. Ce modèle de production permet de créer un flux unitaire

⁶ L'usine de Renton, située dans l'État de Washington, est une des plus grandes usines de Boeing. Cette usine est consacrée aux opérations pour la production et à l'assemblage des avions commerciaux, tels que le 737; elle contient également les hangars de peinture, des tests avant vol et l'assemblage des ailes. En date du 1^{er} novembre 2008, l'usine de Renton avait produit 42 % de la flotte mondiale des gros porteurs (tiré de www.boeing.com).

et continu tout le long de la chaîne de production. La ligne en mouvement a alors permis de réduire le temps d'assemblage de 42 heures à 16 heures (Subhadra, 2003).

Un des défis majeurs auxquels a fait face Boeing lors de l'implantation de l'approche Lean Manufacturing était la résistance aux changements par ses employés. Ayant assisté à des échecs de l'entreprise lors de plusieurs tentatives d'implantation d'outils Lean, les employés ont été sceptiques à adhérer de nouveau à ce concept (Subhadra, 2003).

Tableau 1.9 : Impacts du Lean Manufacturing chez Boeing (Subhadra, 2003)

Indicateurs	Impacts	Gains
Temps d'opération	Réduction du temps de cycle.	60 %
Niveau d'inventaire	Disponibilité de l'espace de production	1 million de \$ (de 1999 à 2001)
Espace de production	Capacité d'introduction des nouveaux programmes	50 %
Temps de cycle pour le secteur transformé	Élimination d'une ligne d'assemblage complète	De 9 ½ jours à 5 jours
Défauts (non-qualité)	Réduction erreurs	48 %
Coûts de production	Contrat avec Delta Airlines et Alaska Airlines	Gain chiffré en plusieurs millions

1.8.3 Airbus

Le constructeur aéronautique Airbus s'est inspiré des méthodes de production de Toyota pour mettre en place un concept de ligne en mouvement pour la production de son avion monocouloir A320 à l'usine de Hambourg en Allemagne (Pearson, 2007). L'initiative du Lean Manufacturing chez Airbus est appelée *Airbus Lean Production System* (ALPS) (Gardner, 2009). Elle a été déployée dans différents sites en France et en Europe.

Les objectifs de l'ALPS sont orientés vers l'élimination des sources de gaspillages afin d'augmenter la qualité, d'améliorer les délais de livraison et de réduire les coûts de production. Les principes et outils Lean du programme ALPS sont :

- la mise en place d'un flux continu;
- l'amélioration continue;

- la résolution de problèmes;
- viser la valeur ajoutée;
- le flux tiré et non poussé.

Le programme ALPS a été mis en place pour sécuriser notamment les accélérations de cadence que connaît le groupe Airbus depuis plusieurs années. L'implantation de la ligne en mouvement, basée sur un système d'un rail qui fait déplacer l'avion à une vitesse de 1 mètre par heure, a enregistré des résultats significatifs. Les plus importants étant une réduction de 40 % du temps total de production, une réduction de 50 % du temps de cycle et une autre de 30 % des coûts de production.

De plus, Airbus a mis en place un système d'audit sur le plancher de production afin de soutenir l'implantation de ce programme. Aussi, un renforcement du processus de communication entre les employés et le management pour faciliter le déploiement et un système de suggestion d'opportunités d'amélioration ont été mis en place pour favoriser l'implication des employés et améliorer leurs motivations (Altfeld, 2010).

Dans la littérature, peu de références décrivent le programme ALPS.

1.8.4 Pratt & Whitney Canada

L'approche Lean chez Pratt & Whitney Corporation est appelée *Achieving Competitive Excellence* (ACE). Elle a été développée au départ par le groupe industriel United Technologies (UTC) en 1994 et adaptée par la suite en 1997 par PWC (Pratt & Whitney Canada, 2005).

La philosophie du programme ACE vise l'atteinte des objectifs suivants :

- améliorer les processus en accordant une priorité particulière et égale à la qualité « bon du premier coup » et au flux de production;
- entretenir l'implication des employés à tous les niveaux de l'organisation;
- utiliser des indicateurs visuels et simples;
- apprendre des problèmes pour s'améliorer.

La philosophie ACE s'appuie sur un ensemble d'outils et de processus étroitement liés. Un mécanisme de contrôle et d'amélioration a été mis en place pour assurer l'atteinte des objectifs

fixés par l'entreprise. Les principaux outils sont : la résolution de problème, l'amélioration continue, l'élimination des gaspillages et les outils de prise de décision. Le Tableau 1.10 résume l'ensemble des outils ACE.

Tableau 1.10 : Les outils du programme ACE

Outils d'amélioration continue et élimination des gaspillages	Outils de résolution de problème	Outils de prise de décision
<p>5S+1 : le 5S est la méthodologie standard telle que définie dans les outils Lean. Elle est utilisée pour l'organisation des lieux de travail. Le +1 a été ajouté pour faire référence à la santé, à la sécurité et à l'environnement.</p>	<p>Analyse des rétroactions des clients et du marché : c'est une démarche utilisée pour comprendre et analyser les besoins des clients afin d'améliorer la qualité des produits et des services qui leur sont offerts. De même, l'outil de résolution de problème sert à analyser les plaintes des clients et à corriger les écarts.</p> <p>Les clients représentent un client externe tel que l'acheteur des moteurs d'avion ou un client interne comme la prochaine étape du processus.</p>	<p><i>Passeport-Process</i> : c'est une démarche qui consiste à effectuer des validations à chaque étape de développement d'un produit, d'un nouveau programme ou d'un nouveau processus.</p>
<p>Travail standard et management des processus : le travail standard est défini comme un ensemble d'outils, de méthodes de travail, d'instructions de travail, de procédures et de processus pour permettre la répétabilité des activités par tous les employés.</p> <p>La gestion des processus est une démarche qui vise l'amélioration de la performance des processus afin d'augmenter l'efficacité, la qualité, d'assurer une intégration optimale des nouveaux employés et d'améliorer leur moral.</p>	<p>Diagramme de résolution de problème qualité appelé <i>Quality Clinic Process Charts</i> (QCPC) : tous les processus doivent produire bon du premier coup. Exemple : 100 % des pièces sont conformes à la première réalisation, dès la première fois, sans retard ni reprise entre les processus, dans un temps de cycle optimal.</p> <p>Cet outil vise à identifier toute variabilité ou aléa considéré comme un gaspillage. Les employés prennent note des aléas et identifient les opportunités d'amélioration de façon à ne pas reproduire le même problème.</p>	

Tableau 1.10 : Les outils du programme ACE (suite et fin)

Outils d'amélioration continue et élimination des gaspillages	Outils de résolution de problème	Outils de prise de décision
Certification des processus : c'est une méthode structurée en huit étapes qui consiste à (1) décrire et comprendre la situation, (2) définir les ressources nécessaires à l'identification des causes du problème, (3) identifier, sélectionner et prioriser les causes du problème, (4) valider la cause racine, (5) identifier, sélectionner et prioriser les solutions potentielles, (6) valider la solution, (7) mettre en place un plan d'action et de suivi de la solution, (8) standardiser la solution.	Démarche continue de résolution de problème en utilisant la méthode du cinq pourquoi.	
Réduction des heures de mise en route « setup » : le temps de mise en route représente le temps nécessaire pour la préparation d'une pièce ou le temps écoulé entre deux pièces produites.		
Maintenance productive totale : c'est un outil qui vise l'utilisation maximale des équipements afin d'augmenter l'efficacité, d'améliorer les temps de cycle, d'optimiser la durée de vie de l'équipement et d'améliorer la qualité. La démarche repose sur le support technique et sur l'implication des employés de production, des équipes de maintenance, des équipes de support technique et du management.	Mécanisme antierreurs ou <i>Poka-Yoké</i> : cet outil consiste à mettre en place des mécanismes de détection des défauts pour atteindre l'objectif zéro défaut, zéro temps improductif.	

Un des défis majeurs de la démarche ACE est le maintien des activités d'amélioration. PWC a introduit un protocole de certification à plusieurs niveaux : (1) qualification, (2) bronze, (3) argent et (4) or, qui représente le niveau d'atteinte des objectifs d'excellence manufacturière (Baghel, 2004).

1.8.5 Le *Lean Manufacturing* dans d'autres entreprises aéronautiques

Lockheed Martin a, pour sa part, mis en place un concept de ligne en mouvement pour l'assemblage de son avion de chasse F35, et ce, afin d'augmenter l'efficacité de production, de réduire l'espace de production et d'éviter des coûts de production qui étaient estimés à 300 millions de dollars (Cort, 2007).

L'entreprise Rolls Royce, quant à elle, a conçu des lignes d'assemblage pour la production de sa gamme de moteurs de type 250 et RB30 en intégrant des principes et outils Lean Manufacturing, tels que les mécanismes antierreurs et les instructions sur les procédures de travail standard (Cort, 2007). L'implantation du Lean a permis la réduction de l'espace de production de 47 %, la réduction des temps de cycle de 20 %, l'augmentation de l'efficacité opérationnelle de 13 % et la réduction des coûts de production de 20 %.

Chez CAE Canada, on s'est basé sur les principes de la PVA⁷, et environ 1 000 employés ont été formés aux concepts du Lean. Chaque secteur de production avait un représentant élu « leader Lean ». Des activités de remue-méninges sont souvent organisées pour identifier les leviers d'amélioration (Visite d'usine Chez CAE, 2007). Les outils Lean comme le Kaizen, le Kanban ou le flux tiré sont, depuis, devenus des outils couramment utilisés chez CAE Canada.

1.9 Synthèse des indicateurs de performance opérationnelle utilisés dans le secteur de l'aéronautique

Le Tableau 1.11 résume l'ensemble des indicateurs de performance liés à l'implantation d'une démarche Lean dans le secteur de l'aéronautique et rapportés par littérature. Ce tableau nous amène à constater l'existence d'indicateurs communs tels que le temps de cycle et les coûts de production.

⁷ PVA : production à valeur ajoutée.

Tableau 1.11 : Synthèse des bénéfices du Lean dans le secteur de l'aéronautique

	1	2	3	4	5	6
Bénéfices						
Réduction du temps de cycle	*	*	*	*	*	*
Diminution des niveaux des stocks en cours	*	*				
Diminution des coûts de production	*	*	*	*	*	*
Amélioration de la qualité	*	*	*	*		
Réduction de l'espace de production		*			*	*
Amélioration de la santé et de la sécurité	*	*	*			
Optimisation des flux	*		*			
Réduction des temps de mise en course				*		

(1) Bombardier Aéronautique; (2) Boeing; (3) Airbus; (4) Pratt & Whitney; (5) Lockheed Martin; (6) Rolls Royce

1.10 Les études de cas du Lean dans le secteur de l'aéronautique

Dans la littérature, quelques études de cas ont été référencées en ce qui a trait au Lean Manufacturing dans le secteur de l'aéronautique. Par exemple, Crute, Ward et Brown ont étudié la difficulté de transférer les pratiques Lean du secteur de production de haut volume, tel que le secteur de l'automobile, au secteur de l'aéronautique, caractérisé par un volume de production moins important. Shah et Ward (2007) ont pour leur part comparé deux implantations Lean dans deux sites de production en Europe (Shah & Ward, 2007).

L'Institut de Technologie du Massachusetts (MIT) a mis en place, depuis 1993, un programme international appelé le *Lean Aircraft Initiative* (LAI) qui vise à développer, documenter et publier des recherches dans le domaine du Lean Manufacturing, appliqué au secteur de l'aéronautique (Initiative, 2013). L'objectif du MIT/LAI est de fournir aux chercheurs et aux dirigeants d'entreprises des outils pour comprendre comment mettre en place des concepts Lean et comment réussir cette démarche. Plusieurs études de cas ont été effectuées dans différentes entreprises aéronautiques aux États-Unis, comme l'étude de cas de Thomas Shields (1996), pour ne citer que cet exemple.

Cette étude avait pour objectif de faire une analyse comparative sur l'efficacité des flux de production définie par le ratio entre le délai de fabrication et le temps de cycle, auprès de plusieurs entreprises aéronautiques telles que McDonnell Douglas, Lockheed Marietta, Boeing, Textron et Pratt & Whitney (Shields, 1996). D'autres études traitent du Lean et de la recherche de

compétitivité, du développement des employés, de la qualité, de la réduction des inventaires et de bien d'autres aspects (Gastelum, 2002; Hoppes, 1995; Houlahan, 1994; Klein, 1995; Perrons, 1997; Pozsar, 1996; Rosson, 1994; Sorenson, 1995; Wang, 1999).

Au Canada, et en particulier au Québec, nos recherches n'ont recensé aucune donnée concernant un organisme ou une association scientifique s'intéressant à la diffusion des données concernant le Lean dans le secteur de l'aéronautique.

1.11 Les études de cas dans la littérature

Alors qu'il y a quelques années, les études de cas étaient contestées par la communauté scientifique qui ne croyait qu'aux recherches utilisant des études approfondies de données collectées à partir de cas spécifiques (Gagnon, 2005), celles-ci sont devenues, avec le temps, une méthode de recherche qui bénéficie d'un jugement très favorable de la part de la communauté scientifique.

Il s'agit d'une méthode de recherche qualitative qui permet aux chercheurs de comprendre de manière détaillée des sujets et des événements complexes et qui peut impliquer autant des individus, des processus, des programmes d'organisation, ou encore des projets (Soy, 1997).

Les études de cas utilisent une série d'outils de collecte de données qualitatives et quantitatives (Grosshans & Chelimsky, 1990). L'utilisation des outils de collecte de données comme les questionnaires d'entretiens ou les observations instantanées sur le plancher de production contribuent grandement à la validation des résultats. L'utilisation de ces outils était essentielle à la fiabilité de la présente étude de cas, comme l'indique (Gagnon, 2005).

La pertinence de l'étude de cas réside dans sa capacité à fournir des analyses et des interprétations sur des processus ou des situations complexes qui seraient difficiles à interpréter autrement. L'étude de cas fournit une vision plus claire du processus ou du projet qui a été mis en œuvre (Landaburu, 1999). En fonction de la stratégie de sélection des cas, les résultats de certaines études de cas peuvent s'extrapoler et être généralisés statistiquement à une population globale (Landaburu, 1999).

Les études de cas présentent néanmoins certains désavantages et faiblesses. En effet, Gagnon indique, dans *L'étude de cas comme méthode de recherche*, que les études de cas comportent trois grandes faiblesses (Gagnon, 2005) : la première réside dans le fait qu'elles sont parfois

onéreuses en terme de de temps, autant pour les chercheurs que pour les participants et les employés d'entreprises. La deuxième faiblesse concerne la difficulté de reproduction des études de cas par d'autres chercheurs. Finalement, la troisième faiblesse repose sur la généralisation des résultats et la difficulté d'analyser des cas semblables et comparables.

Par ailleurs, ces faiblesses pourraient être éliminées en apportant des méthodes de recherche quantitatives (Gagnon, 2005). L'étude de cas a la particularité de s'intéresser à une situation, un événement ou un phénomène étudié (Sharan, 1998). Par son caractère descriptif, l'étude de cas fournit une description enrichissante pour les chercheurs. Par sa dimension heuristique, l'étude de cas amène à une meilleure compréhension des nouveaux phénomènes ou à confirmer ceux qui existent déjà. Finalement, par son caractère inductif, elle permet l'exploration détaillée de ces phénomènes, situations ou événements (Sharan, 1998).

Les étapes d'une étude de cas suivies par la présente recherche sont résumées dans la Figure 4.1 tiré de (Gagnon, 2005).

Objectifs	
Etape1 ✓ Établir la pertinence	✓ Vérifier que l'étude de cas est la méthode adéquate pour la recherche actuelle
Etape2 ✓ Assurer la véracité des résultats	✓ Montrer de façon rigoureuse que les résultats sont représentatifs de la réalité observée sur le plancher de production
Etape3 ✓ Préparer la collecte de données	✓ Définir le contexte et le cadre de la recherche, applicable à une collecte de données appropriée sur le plancher de production
Etape4 ✓ Recruter les cas	✓ Choisir les cas à étudier et les participants à la recherche, tout en respectant les échéanciers et les budgets
Etape5 ✓ Collecter les données	✓ Procéder à la collecte de données tout en respectant la relation de confiance avec les participants
Etape6 ✓ Traiter les données	✓ Organiser et ordonner les données recueillies, les analyser et s'assurer de leurs pertinences pour la recherche
Etape7 ✓ Interpréter les données	✓ Discuter des résultats et les analyses obtenues
Etape8 ✓ Diffuser les résultats	✓ Présenter les résultats obtenues, tout en s'assurant de la crédibilité du contenu du message transmis

Figure 4.1 : Les huit étapes d'une étude de cas (Gagnon, 2005)

1.12 Lacunes du Lean dans la littérature

La plupart des références en littérature ne mettent en valeur qu'un ou deux outils du Lean Manufacturing, souvent le JIT et le TQM (Shah & Ward, 2002). Pourtant, une des réussites principales d'une démarche Lean est l'intégration de plusieurs outils Lean (Womack & Jones, 1996). Des exemples de démarches systématiques et d'études empiriques, impliquant plusieurs outils Lean Manufacturing, constituent même une lacune dans la littérature.

Les études de cas dans le domaine du Lean Manufacturing, touchant à l'industrie aéronautique, ne sont que rarement référencées dans la littérature, et encore moins au Québec. Ceci constitue une lacune de taille pour la communauté scientifique.

CHAPITRE 2 CADRE CONCEPTUEL DE LA RECHERCHE

Ce chapitre présente le cadre conceptuel de la recherche qui s'est déroulée dans le centre manufacturier de Bombardier Aéronautique à Montréal. En premier lieu, il présente l'objectif principal de la recherche, les avantages et la problématique. Ensuite, il s'agira de revenir sur les grands thèmes de la recherche en lien avec la revue de littérature.

2.1 Objectif principal de la recherche

L'objectif principal de cette recherche consiste à mettre en évidence l'effet de l'implantation d'une démarche Lean dans une entreprise manufacturière œuvrant dans le secteur de l'aéronautique. Ce travail vise à mesurer l'effet des concepts Lean sur les indicateurs de performance opérationnelle de l'entreprise et à démontrer le lien entre les facteurs de succès de la démarche, les résultats de la mesure des indicateurs et la culture d'amélioration continue de l'entreprise.

2.1.1 Avantages de la recherche

Les avantages de la recherche sont les suivants :

1. documenter l'implantation de la démarche Lean dans le secteur manufacturier aéronautique québécois
2. contribuer à la diffusion des données sur les méthodes de quantification des concepts Lean et l'effet sur les indicateurs de performance opérationnelle
3. fournir des recommandations à la communauté scientifique afin d'élargir les sujets de recherche sur le Lean dans le secteur de l'aéronautique et d'apporter plus de données pour les futurs chercheurs.

2.2 Problématique de la recherche

Les données descriptives sur l'implantation de la démarche Lean dans le secteur de l'aéronautique restent très succinctes dans la littérature scientifique. Cette recherche vient

répondre à la problématique suivante : quel est l'effet des concepts Lean sur les indicateurs de performance opérationnelle de l'entreprise ; la démarche a-t-elle un effet positif?

Pour répondre à cette problématique, trois grands thèmes ont été analysés dans la présente recherche qui sont décrits dans la section suivante.

2.3 Thèmes de la recherche

Les grands thèmes de la recherche sont présentés dans la Figure 2.1.

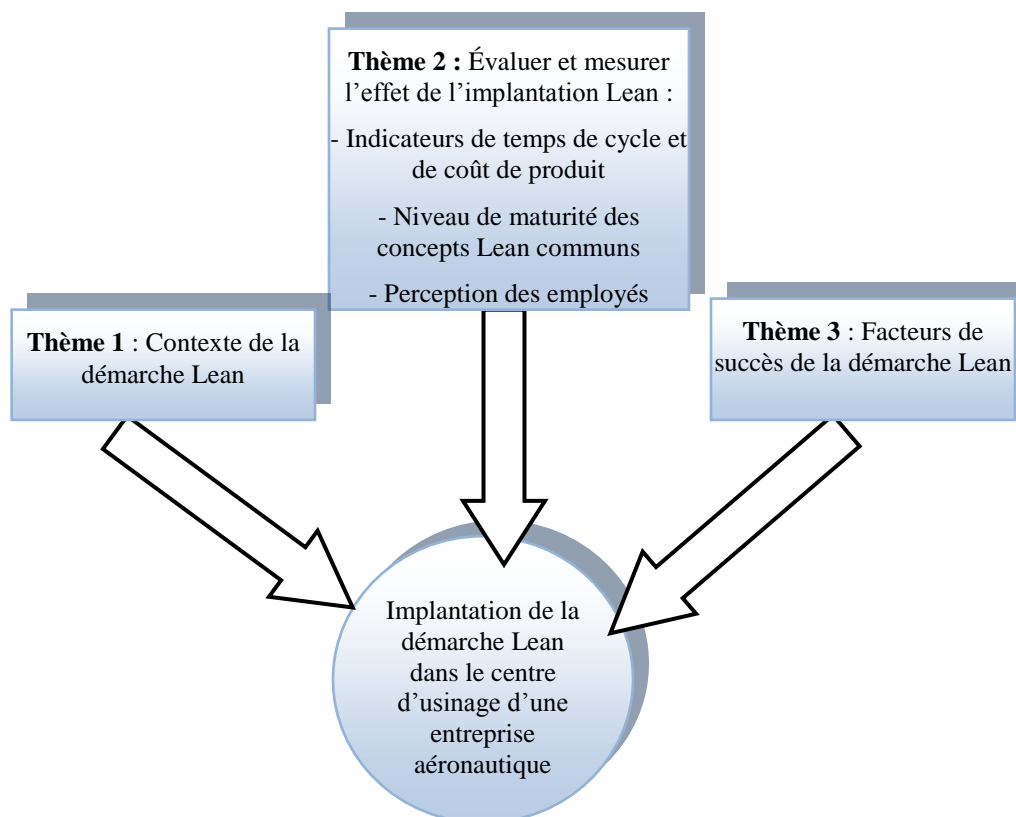


Figure 2.1 : Grands thèmes de la recherche

2.3.1 Thème 1 : Contexte de la recherche

La prise en compte de la revue de littérature nous a permis de constater que la démarche Lean est une démarche intégrée d'un ensemble d'outils et de principes (Ohno, 1988). Plusieurs entreprises québécoises telles que Pratt & Whitney, Bombardier ou CAE Canada s'approprient la démarche et la mettent en place.

Par ailleurs, les définitions de la démarche et la méthodologie d'implantation diffèrent d'une entreprise à une autre et d'un auteur à un autre; il existe plusieurs points communs dans la méthodologie d'implantation, mais la littérature ne montre cependant pas qu'il existe un standard clé en main applicable à toutes les entreprises voulant mettre en œuvre cette démarche.

En outre, au Québec, le contexte du Lean dans le secteur manufacturier n'est que peu référencé dans la littérature et encore moins dans le secteur aéronautique. Cette recherche vient donc documenter le contexte du Lean dans le secteur aéronautique en fournissant une description détaillée de l'environnement de travail, de la culture d'amélioration continue et des outils et concepts Lean utilisés dans l'entreprise.

2.3.2 Thème 2 : Évaluer et mesurer de l'effet de l'implantation Lean

La revue de littérature nous a permis de remarquer que les bénéfices de l'implantation d'une démarche Lean sont nombreux. Kilpatrick (2003) met en évidence des bénéfices opérationnels tels que la réduction des temps de cycle, la réduction des coûts de production, la réduction des stocks et l'augmentation de la productivité (Kilpatrick, 2003).

Outre les gains opérationnels, d'autres gains et bénéfices de type humain ont été évoqués par d'autres études (Baglin & Capraro, 1999). L'exemple le plus cité est celui de l'amélioration de la motivation et du moral des employés.

Par ailleurs, la revue de littérature ne révèle pas plus de détails sur la méthodologie de quantification de ces indicateurs de mesure.

Cette recherche vise donc à montrer comment mesurer l'amélioration de la performance opérationnelle et les bénéfices humains dans l'implantation d'une démarche Lean. Plusieurs variables quantitatives et qualitatives ont été utilisées pour répondre à cet objectif.

Tout d'abord, deux principales variables quantitatives ont été choisies : le temps de cycle et le coût de produit. Les données ont été mesurées en préimplantation et en postimplantation. La première mesure de temps de cycle en préimplantation a été calculée à partir des données obtenues par la documentation du projet. La deuxième mesure du temps de cycle en post-implantation a été effectuée à l'aide de la méthode des observations instantanées sur le plancher de production. La méthodologie détaillée est présentée dans le chapitre consacré à la méthodologie.

D'autres variables qualitatives et subjectives ont été utilisées afin de confirmer les améliorations constatées par l'étude des variables quantitatives. Aussi, pour mesurer les bénéfices humains tirés de l'implantation de la démarche Lean dans l'entreprise (la principale variable subjective est la perception des employés de l'implantation de la démarche), des entretiens avec les employés de production ont été utilisés afin d'étudier et d'interpréter cette variable.

2.3.3 Thème 3 : Facteurs de succès et effet négatifs

La revue de littérature nous a permis de constater que de nombreux auteurs décrivent les facteurs de succès du Lean dans les entreprises qui mettent en place la démarche (Womack & Jones, 2005; Baglin & Capraro, 1999; Liker, 2004; Kilpatrick, 2003; Shah & Ward, 2007).

Trois principaux facteurs de succès ont été choisis pour la présente recherche : le premier concerne la place de l'amélioration continue dans l'entreprise. Cette étape est une étape importante qui contribue au maintien des bénéfices de l'implantation Lean.

Bien que plusieurs définissent l'amélioration continue comme un outil supplémentaire aux outils Lean, c'est en fait la base du Lean. Elle exige la participation de tous les acteurs de l'entreprise. Cette approche implique un changement culturel et le développement des employés (formation, motivation, définition des rôles et responsabilités, implication dans les décisions, etc.) (Christian Piché). En revanche, quelques critiques de la démarche mentionnent que nombreuses entreprises négligent cette étape. Il est donc nécessaire de valider la place de cette étape dans l'entreprise concernée par notre recherche.

Le deuxième facteur de succès le plus cité par la littérature est l'engagement des dirigeants et des parties prenantes dans la démarche Lean. La revue de littérature nous a permis de constater que l'engagement des dirigeants vient dissoudre la résistance au changement considéré comme une des contraintes les plus citées par les auteurs et les entreprises qui mettent en place le Lean.

Le troisième et dernier facteur de succès étudié dans la présente recherche est le niveau de maturité des principes Lean mis en place. Bien que la démarche Lean soit définie comme une approche globale et intégrée dont les concepts sont étroitement liés, sa mise en œuvre suscite beaucoup de discussions (Baghel, 2004). Nombreuses sont les entreprises qui mettent en place un outil ou deux et se disent être Lean. L'évaluation de la maturité Lean devrait être appliquée à tous les niveaux de l'organisation afin de suivre et de démontrer le progrès de l'amélioration et

d'orienter l'entreprise vers l'atteinte des objectifs de performance. Ces constats nous ont conduit à étudier le niveau d'intégration et de maturité des concepts Lean dans l'entreprise et de faire le lien avec les facteurs de succès de la démarche.

Finalement, les trois grands thèmes de la recherche sont étroitement liés. Le lecteur pourra faire le lien entre le contexte de la démarche Lean et la place qu'elle occupe dans l'organisation, les facteurs de succès de la démarche et, enfin, comment mesurer les bénéfices et les indicateurs de performance opérationnelle de l'entreprise.

CHAPITRE 3 CONTEXTE DE LA RECHERCHE

Ce chapitre présente le contexte de la recherche se déroulant dans le centre manufacturier de Saint-Laurent de l'entreprise Bombardier aéronautique.

3.1 Contexte de la recherche

Dans cette section, le lecteur prendra connaissance de l'environnement de la recherche qui s'est déroulée dans un centre manufacturier de l'entreprise Bombardier Aéronautique. Premièrement, l'entreprise sera présentée ainsi que le centre manufacturier. Cette présentation sera suivie par une description de la culture Lean de l'entreprise. Finalement, un aperçu des outils Lean utilisés par l'entreprise sera proposé.

3.1.1 Bombardier Aéronautique⁸

Bombardier Aéronautique est le troisième constructeur d'avions civils au monde. Il est le chef de file dans la conception et la fabrication de produits aéronautiques novateurs et dans les prestations de services connexes destinés aux marchés des avions d'affaires, des avions commerciaux et des avions spécialisés. Le siège social est basé à Montréal; l'entreprise compte environ 35 500 employés dans le monde.

Bombardier Aéronautique possède plusieurs installations de production situées au Canada, aux États-Unis, au Royaume-Uni (Irlande du Nord), au Mexique et, récemment, une nouvelle usine au Maroc. Voici un aperçu des produits de Bombardier Aéronautique présentés dans le Tableau 3.1.

⁸ Source : site internet de Bombardier Aéronautique (2013).

Tableau 3.1 : Gamme de produits d'avions commerciaux et d'affaires de Bombardier
Aéronautique (Bombardier, 2013)

	Famille	Illustrations	Modèle	Passagers
Avions commerciaux	Dash 8		Q400	78
	CRJ		CRJ 700	70
			CRJ 900	88
			CRJ 1000	100
	Cseries		CS100	110
			CS300	130
Avions d'affaires	Global		G5000	17
			G6000	19
			G7000	19
			G8000	19
	Challenger		CL300	10
			CL605	12
			CL850	14
	Learjet		Lear 60XR	8
			Lear 70	6
Lear 75			8	
Lear 85			8	

3.1.2 Centre manufacturier de Saint-Laurent⁹

Le projet de recherche s'est déroulé dans le centre manufacturier de Saint-Laurent. Le centre manufacturier fait partie de la fonction Ingénierie ainsi que de la chaîne d'approvisionnement. Il est situé dans l'arrondissement de Saint-Laurent, à Montréal.

Le centre manufacturier a pour principales activités :

- la fabrication de matériaux composites, de pièces en métal en feuilles, de pièces structurales usinées avec des machines de très haute performance; il contient également des ateliers de traitement de surfaces;
- l'assemblage des fuselages arrières des Challenger 605 et 850, fuselage avant des des Global Express, Global 5000, CRJ700, CRJ900 et Challenger 300; et l'assemblage des portes d'avion pour les familles Challenger et CRJ;
- l'expérimentation et la fabrication des prototypes pour les tests de fatigue et de statique des différents produits;

⁹ *Idem.*

- la fabrication de gabarits et d'outils pour les usines d'assemblage et de fabrication, ainsi que la fabrication des pièces de rechange.

3.2 Place du *Lean Manufacturing* dans l'organisation

3.2.1 Leviers opérationnels du Système Atteindre l'Excellence

Les six leviers opérationnels sont des indicateurs de mesure dont l'entreprise se sert pour évaluer son niveau de maturité par rapport à l'atteinte des objectifs du SAE. Les leviers sont résumés comme suit :

1. La santé et la sécurité

Bombardier Aéronautique a accordé une place très importante à la santé, à la sécurité et à l'environnement. La santé et la sécurité constituent le premier levier opérationnel mesuré sur les tableaux de bord équilibrés. C'est le premier indicateur mesuré et suivi par tous les niveaux hiérarchiques, autant dans les bureaux que dans les ateliers de production.

Le système est fondé sur la culture de donner la priorité aux humains, de prévenir tous les incidents et de responsabiliser tout le monde sur la santé et la sécurité. Sur le tableau de bord équilibré, l'indicateur de la fréquence d'accident est le premier indicateur affiché.

2. La qualité

La qualité est le deuxième levier opérationnel et le deuxième indicateur de suivi sur le tableau de bord équilibré. Par la recherche de la qualité supérieure, Bombardier conçoit des processus standards et met en place tous les outils nécessaires pour performer du premier coup. Par la qualité, Bombardier favorise l'engagement des fournisseurs, des employés et des clients.

L'exemple d'indicateurs utilisés sur le tableau de bord équilibré est la quantité de non-conformité des pièces, le niveau de satisfaction des clients internes et le niveau de maturité des processus.

3. La productivité

La productivité est le troisième levier opérationnel. Par la productivité, Bombardier veut mesurer sa capacité à répondre aux demandes de ses clients, à optimiser l'utilisation de ses actifs et à offrir des produits de qualité dans les délais exigés. L'indicateur de la productivité mesure :

- l'efficacité du système de production à répondre à la demande du client; par exemple : les heures de retard par rapport aux heures planifiées.
- les temps de production et les temps de cycles.

4. Le développement humain

Le développement humain est le quatrième levier mesuré dans le tableau de bord équilibré. Par le développement humain, Bombardier veut mesurer le niveau d'engagement de ses employés et déterminer leur niveau de mobilisation dans le Système Atteindre l'Excellence. Bombardier veut aussi permettre à ses employés de participer activement au système, de s'améliorer, pour que leurs efforts soient reconnus.

Les indicateurs de développement humain sont, par exemple, la charte de polyvalence, le taux d'absentéisme, le nombre de suggestions d'amélioration faites par les employés et leur niveau de formation.

5. Les coûts

Les coûts de production est le cinquième levier mesuré. C'est la résultante de tous les indicateurs précédemment cités. Par les coûts, Bombardier veut mesurer le niveau de rentabilité et d'efficacité de ses processus. Les indicateurs de coûts sont, par exemple, le suivi des budgets planifiés versus dépensés, le suivi des heures par projet ou l'évolution des coûts d'investissement d'un programme.

6. Le niveau de maturité du Système Atteindre l'Excellence

C'est le sixième et dernier levier mesuré. Cet indicateur évalue le niveau de maturité des équipes dans la maîtrise du Système Atteindre l'Excellence ainsi que leur engagement. Le mécanisme de mesure des indicateurs des leviers opérationnels recourt à l'outil des tableaux de bord équilibrés. À chaque niveau de l'organisation, chaque directeur et chef suit les indicateurs des tableaux de bord avec les employés.

Des objectifs par levier opérationnel en lien avec la vision stratégique de l'entreprise sont définis au début de chaque année et sont traduits par des indicateurs simples, visuels et affichés sur les tableaux de bord.

Des rencontres journalières d'une durée de 15 minutes sont effectuées par les gestionnaires afin de réviser les priorités de la journée précédente et de mettre à jour les indicateurs. Des priorisations de problèmes sont effectuées durant la rencontre et des résolutions de problèmes sont déclenchées pour s'ajuster en cas d'écarts enregistrés par rapport à l'objectif.

Des revues mensuelles de tableau de bord sont également planifiées par les gestionnaires et les employés afin de suivre les objectifs annuels en lien avec ceux de l'entreprise. D'autres revues mensuelles sont planifiées pour évaluer le niveau de maturité SAE. Chaque gestionnaire fournit un rapport d'évaluation au département central en charge du système SAE.

Des objectifs de maturité des processus sont fixés à chaque début d'année par le département central SAE et sont communiqués lors de l'établissement des objectifs annuels.

La Figure 3.1 montre un exemple de tableau de bord utilisé chez Bombardier Aéronautique.



Figure 3.1 : Exemple de tableau de bord incluant les leviers opérationnels.

Finalement, il est important de noter que l'entreprise accorde une grande importance à l'amélioration continue. Des outils tels que le Kaizen, le travail standardisé, la qualité totale, l'Andon et bien d'autres outils font parties des différentes phases de déploiement du Système Atteindre l'Excellence. Ce système favorise l'apprentissage continu des employés ainsi que leurs

participations. Les résultats obtenus à l'aide de la liste de vérification viennent appuyer ces constats.

3.2.2 Description de l'environnement de recherche : le centre d'usinage

Le centre d'usinage est un regroupement de six machines de hautes performances, et il est spécialisé en fabrication de petites et moyennes pièces structurales pour différents types de programmes d'avions. La matière première est acheminée au centre d'usinage à l'aide d'un moyen de manutention. Les opérateurs de production préparent la matière première sur les tables de montages avant de l'envoyer sur les machines d'usinage. Les opérateurs se servent de gammes de fabrication pour effectuer les opérations de montage.

Des indicateurs visuels tels que le taux de rendement des opérations d'usinage, le nombre de non-conformités, les arrêts de machines sont disponibles sur un logiciel de GPAO¹⁰ affiché dans les bureaux des gestionnaires de production et accessible pour les opérateurs de production.

Le programme SAE est déployé dans le centre d'usinage et les employés suivent et maintiennent les indicateurs du tableau de bord équilibré présenté précédemment.

Un projet d'optimisation des flux de production par la mise en place d'une démarche Lean a été lancé en 2010. Ce projet visait tout d'abord à réduire les temps de cycle du centre d'usinage, augmenter la productivité, améliorer la qualité et la polyvalence des employés.

Une équipe de projet a été mobilisée sur une durée de deux ans en impliquant les employés de production. De plus, l'organisation a libéré un budget pour investir dans ce projet.

¹⁰ GPAO : gestion de la production assistée par ordinateur.

CHAPITRE 4 ÉTUDE DE CAS SUR UNE APPROCHE DE PRODUCTION ALLÉGÉE DANS UN CENTRE D'USINAGE

La recherche présentée dans ce mémoire a été réalisée selon la méthodologie d'étude de cas. Ce chapitre explique la démarche adoptée pour atteindre les objectifs ciblés par cette étude. En premier lieu, le schéma de la recherche ainsi que les étapes de la méthodologie de celle-ci seront présentés. Le choix du cas à étudier suivra et, finalement, une description détaillée des modalités de collecte de données utilisées sera proposée.

Notre recherche consiste à étudier une implantation Lean Manufacturing dans un centre d'usinage de composantes aéronautique. On retrouve dans cette recherche des données à la fois qualitatives et quantitatives, tel que suggéré par plusieurs auteurs (Denzin & Lincoln, 2000).

L'utilisation des outils comme les entretiens semi-dirigés, les observations instantanées sur le plancher de production et la liste de vérification contribue grandement à la validation des résultats. L'utilisation de ces outils était essentielle à la fiabilité de la présente étude de cas, tel que décrit dans l'ouvrage de Gagnon (2005).

4.1 Schéma de la méthodologie de recherche

Suivant la méthodologie d'étude de cas proposée par Gagnon (2005), la Figure 4.1 illustre le schéma de recherche suivi. Ce schéma est divisé en quatre grandes parties :

- la première partie présente le calendrier des modalités de collecte de données;
- la deuxième partie recense les modalités de collecte de données;
- la troisième partie décrit les étapes détaillées de chaque modalité de collecte suivie, les outils et instruments utilisés ainsi que les étapes menant à l'atteinte de l'objectif de la recherche;
- la quatrième et dernière partie rappelle les objectifs visés par la recherche et présentés précédemment dans le chapitre 2. L'objectif du schéma est de faire un lien avec les étapes de la méthodologie et l'objectif visé par la recherche. De même, les parties qui composent le schéma de la recherche sont étroitement liées entre elles.

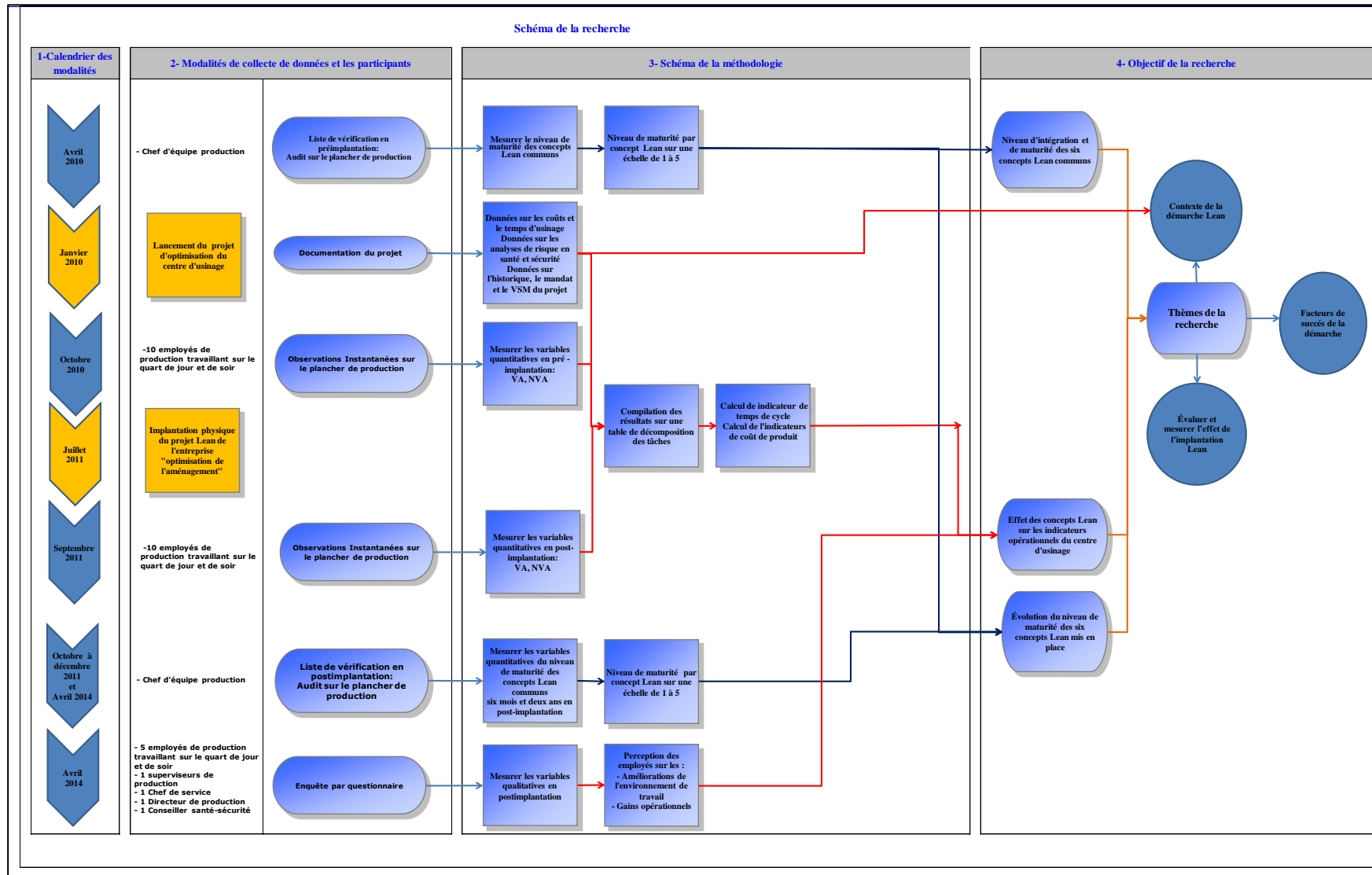


Figure 4.1 : Schéma détaillé de la méthodologie

4.2 Collecte de données

Pour atteindre les objectifs de la recherche, la collecte de données s'est échelonnée du mois d'avril 2010 au mois de décembre 2011, ainsi qu'au mois d'avril 2014, tel que présenté précédemment dans le schéma de la méthodologie.

Suivant le type de modalité, des participants tels que les employés de production, le conseiller en santé et sécurité et les gestionnaires ont été ciblés dans chacune des modalités.

Comme nous l'avons vu précédemment, nous avons eu recours à trois principales modalités de collecte : la liste de vérification Lean, les observations instantanées et les enquêtes par questionnaires. De plus, un recours à la documentation de projet a été nécessaire pour compléter la collecte de données.

Les sections suivantes présentent les modalités de collecte de données de manière chronologique telles que présentées précédemment dans le schéma de la recherche.

4.3 Liste de vérification (*Check-List*)

Après avoir montré, dans le premier chapitre de revue de littérature, l'intérêt de la démarche Lean, l'intégration de ses concepts communs et les limites que constitue son application dans différentes entreprises manufacturières, notre intérêt s'est porté sur l'évaluation du niveau de maturité des concepts Lean communs intégrés dans le projet Lean du centre d'usinage.

Pour ce faire, une liste de vérification Lean a été élaborée autour de six concepts Lean communs souvent cités dans la littérature et présentés dans le premier chapitre du présent travail.

La liste de vérification vise à obtenir des informations rapides afin de vérifier l'existence et mesurer le niveau de maturité de ces concepts. La liste de vérification a été complétée principalement par l'étudiante-chercheuse et le chef d'équipe production. L'étudiante-chercheuse était en mesure de compléter la liste de vérification en procédant à des audits sur le plancher de production, durant les périodes de production.

La liste de vérification a été complétée premièrement en préimplantation du projet Lean dans le centre d'usinage en avril 2010. Une deuxième évaluation a été réalisée en postimplantation, soit d'octobre à décembre 2011, et finalement une dernière évaluation a été effectuée en avril 2014, soit deux ans en postimplantation.

Les six concepts Lean communs contiennent au total 20 pratiques. Quelques pratiques contiennent d'autres critères d'évaluation. La méthode IEMSE (Duret & Pillet, 2005) présentée dans le premier chapitre de revue de littérature a été utilisée pour évaluer la maturité des critères, des pratiques et, finalement, des concepts.

Afin de faciliter la compréhension du lecteur, le schéma présenté dans la Figure 4.2 illustre la cartographie des concepts, pratiques et critères évalués.

Une échelle de 1 à 5 a été utilisée afin d'évaluer le niveau de maturité des concepts Lean ainsi que les pratiques de ceux-ci. Un score est donné à chaque réponse. La valeur 1 est attribuée à une réponse qui correspond à un principe inexistant et la réponse exemplaire correspond à une valeur de 5.

Cette liste a été construite de manière à ce que les concepts Lean soient mesurés de façon objective. Par exemple, les indicateurs de santé et sécurité étaient visibles sur le tableau de bord de l'équipe de production, ou encore des formulaires de résolution de problèmes ont été affichés et mis à jour sur le tableau.

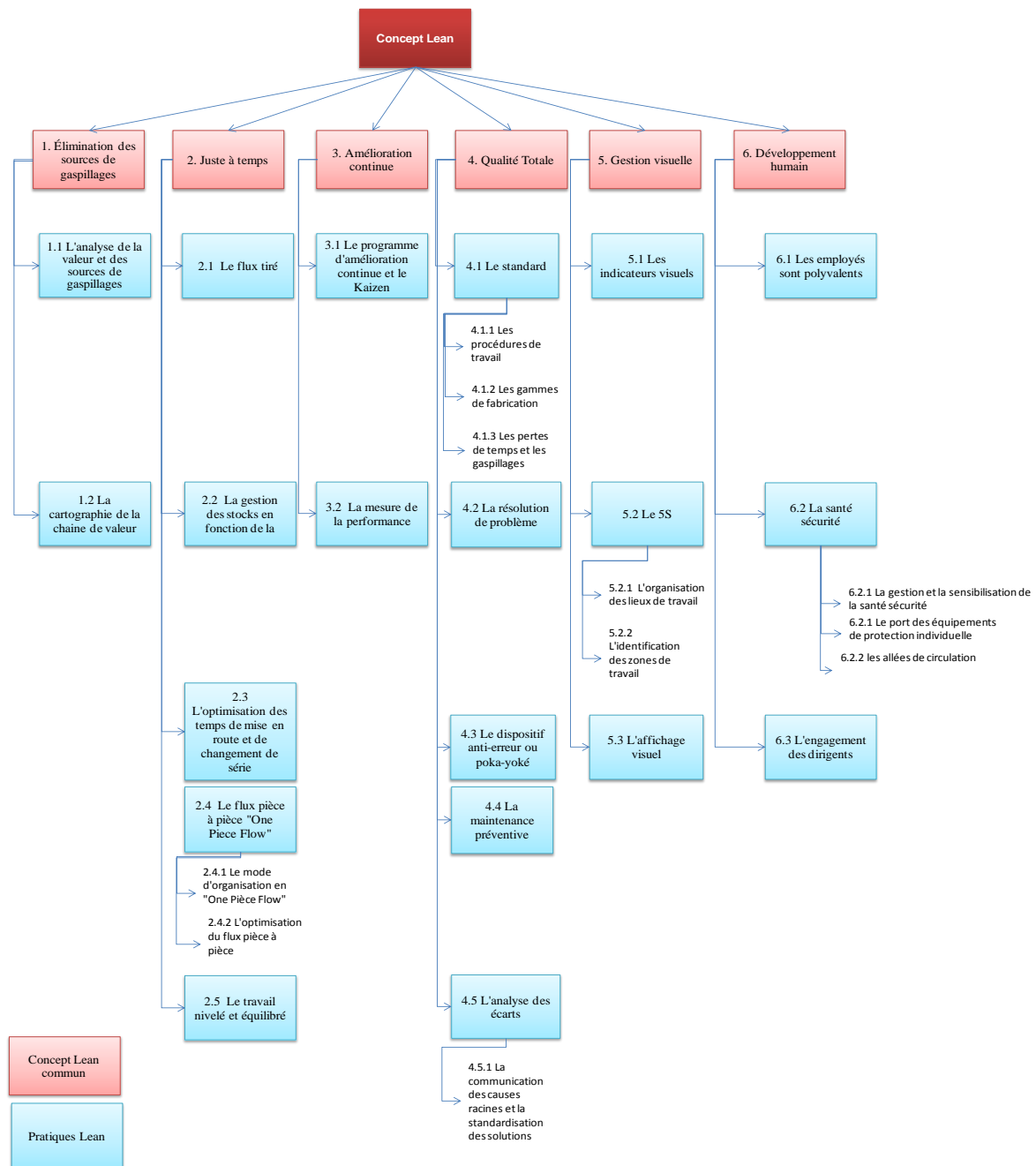


Figure 4.2 : Cartographie des concepts Lean évalués

D'autres éléments étaient vérifiables à l'aide de la documentation demandée par l'étudiante-chercheuse qui a pu assister aux réunions journalières pour compléter les évaluations. Le Tableau 4.1 décrit un aperçu de la liste de vérification. La liste complète est présentée en annexe(A) avec les résultats.

Tableau 4.1 : Description détaillée de la liste de vérification Lean

1. Élimination des sources de gaspillages				1	2	3
1.1 L'analyse de la valeur et des sources de gaspillages						
1	I	Inexistant	Aucune analyse de la valeur n'est réalisée. Aucune évidence d'indicateurs de mesures de la valeur ou d'élimination des gaspillages n'existe sur le plancher de production et sur le TBE			
2	E	Existant	L'analyse de la valeur est en développement, il y a une évidence que des indicateurs de mesure de la valeur sont en développement			
3	M	Méthode	L'analyse de la valeur est mise en place sur toute la chaîne de valeur. Des indicateurs de mesure existent. Ils mesurent le processus de la réception de la matière jusqu'à l'expédition des pièces à la prochaine étape du processus. Par exemple: temps de cycle incluant le délai de livraison des matières premières, le temps d'usinage, le temps d'opération secondaire etc.			
4	S	Systématique	Les écarts sont identifiés, les actions sont entreprises ou en cours de réalisation pour réduire les activités à non-valeur ajoutée			
5	E	Exemplarité	Des actions sont entreprises régulièrement pour réduire les opérations à non-valeur ajoutée. Une évidence existe au niveau de l'analyse de la valeur exemple: temps de cycle affiché, mise à jour quotidienne, des actions sont entreprises pour répondre à l'objectif du takt-time ciblé. Un simple coup d'œil sur le TBE de la cellule permet de voir les écarts aux objectifs, les résolutions de problème ainsi que les opportunités d'améliorations proposées. PDCA mis en place.			

(1) : résultats en préimplantation; (2) : résultat six mois en postimplantation et (3) : résultat deux ans en postimplantation

4.3.1 Technique d'analyse des résultats

La Figure 4.3 donne un aperçu des indicateurs de la pratique « élimination des gaspillages », ainsi que de la manière dont le mécanisme « PDCA » a été mesuré. Les indicateurs et les mécanismes de mesure pour tous les concepts sont présentés en annexe(A) avec les résultats.

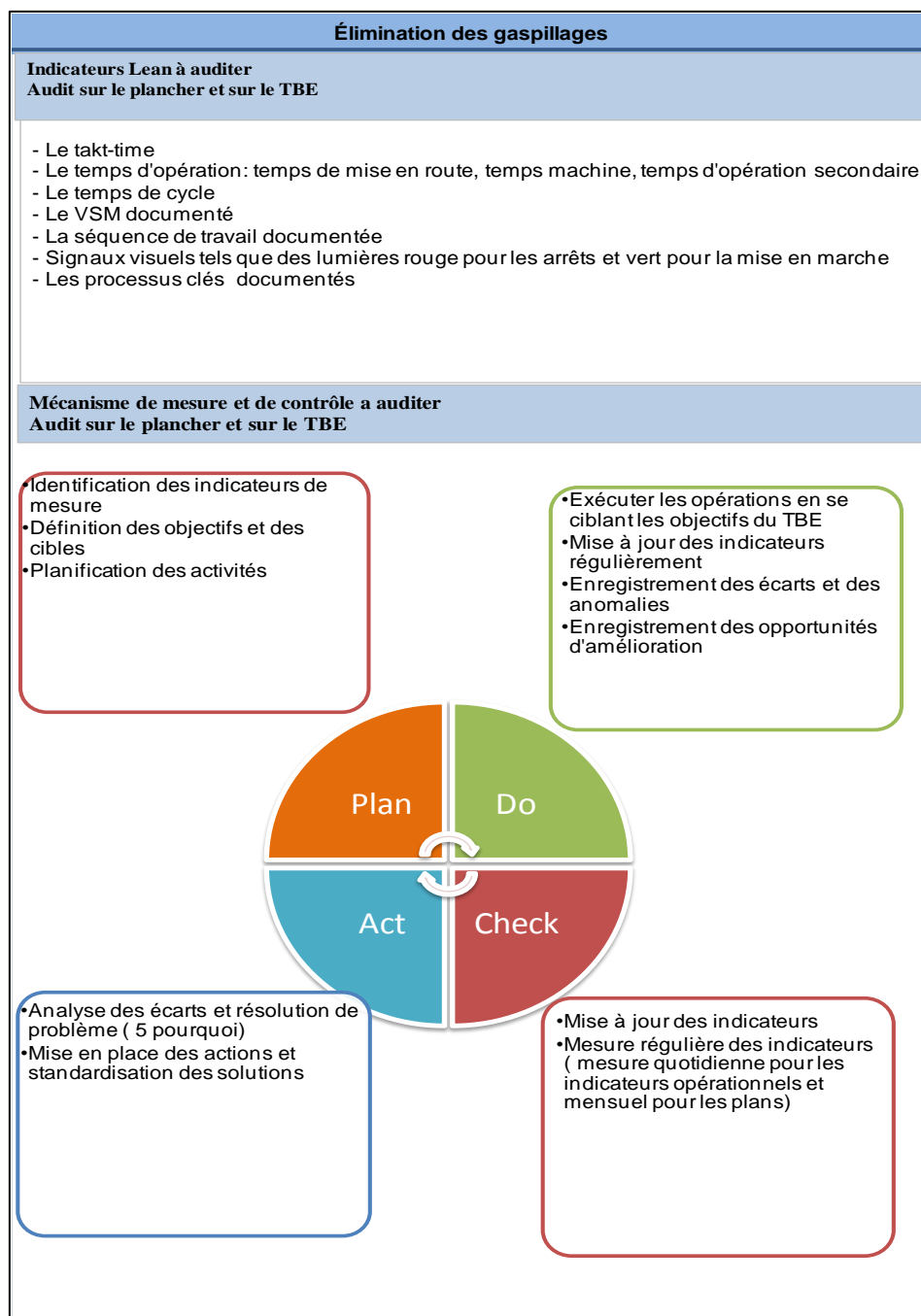


Figure 4.3 : Indicateurs de performance et mécanismes de mesure « PDCA »

L'analyse de la liste de vérification a été réalisée comme suit :

- 1- dans un premier temps, des indicateurs de mesure Lean étaient identifiés au préalable par l'étudiante-chercheuse suite à la revue de littérature. L'évaluation de la liste de vérification consistait à vérifier l'existence de ces indicateurs Lean pour chacun des concepts Lean communs dans la cellule d'usinage;
- 2- dans un deuxième temps, une définition spécifique du mécanisme de mesure « PDCA » présenté précédemment a été effectué pour chacun des concepts Lean communs mesurés. Ainsi, nous avons pu mesurer le niveau de maturité Lean de ces concepts et le mécanisme de mesure des indicateurs déployé dans le centre d'usinage.

4.4 Collecte de données par observations instantanées

La collecte de données par observations instantanées sur le plancher de production constitue la deuxième modalité de collecte utilisée dans le cadre de cette recherche. Les observations ont permis de recueillir essentiellement des informations de type quantitatif.

Les observations visaient à recueillir des données sur les améliorations apportées suite à l'implantation de la démarche Lean. La cueillette de ces données avait pour but de quantifier et de mesurer les indicateurs de performance opérationnelle de temps de cycle et de coûts de produit.

Les observations sur le plancher de production ont permis à l'étudiante-chercheuse d'interagir avec les employés de production afin d'approfondir sa compréhension et de recueillir des informations complémentaires aux observations.

Sachant que la chaîne de valeur du centre d'usinage est constituée à la fois d'opérations manuelles et d'opérations machines, les observations consistaient à relever seulement les opérations manuelles exécutées par les employés de production. Les données sur le temps d'usinage effectué par les machines étaient fournies par la documentation du projet.

4.4.1 Participants ciblés

Dans le cadre de cette recherche, 10 employés ont été choisis lors des observations. Cet échantillon représente le nombre total des employés travaillant dans le centre d'usinage sur le quart de jour et de soir. Les employés du centre d'usinage comptaient en moyenne 20 ans

d'ancienneté. Les employés choisis travaillaient sur les quarts de travail de jour et de soir. L'échantillon constitue la totalité des employés de la cellule.

4.4.2 Méthodologie et rédaction de la grille d'observation

La méthodologie d'observations a été construite à partir de la revue de littérature. Le Tableau 4.2 présente ces étapes.

Tableau 4.2 : Méthodologie d'observations en sept étapes (Hohmann, 2009; Laden, Meney, Petit, & Ringot, 1998)

Étapes	Description	Outil
1	Déterminer le nombre d'observations à réaliser, en tenant compte d'un taux d'engagement P et de la marge d'erreur S souhaitée	Calculer le nombre d'observations $N=4(1-P)/(S^2XP)$ P= taux d'engagement fixé à 95% S= marge d'erreur de 5% $N=(1 - 0.95) / (0.05^2 \times 0.95) = 84$, nombre minimal d'observations à faire. Le nombre d'observation effectués pour l'étude est de 150 observations.
2	Déterminer les heures d'observation en tenant compte des heures de repos (de 12h00 à 12h45) Utiliser la table des nombres au hasard, et associer les nombres qui représentent des minutes, aux heures d'observation. Choisir un nombre dans la table et débiter la série du haut vers le bas. Si la colonne est terminée, passer à la colonne suivante. Déterminer le nombre de jours nécessaire pour effectuer les observations	Utilisation de la table des nombres au hasard Une période de 3 semaines était nécessaire pour effectuer les observations.
3	Effectuer les observations Inscrire les observations sur une table de calcul, où N+ représentent les éléments visibles qu'on souhaite observer	N+= nombre d'observations valides N= nombre d'observations
4	Déterminer le taux d'engagement P à la fin de chaque journée d'observation	$P = N+ / N$
5	Déterminer la marge d'erreur S à la fin de chaque journée d'observation	$S^2 = 4(1-P) / (N \times P)$
6	Analyser les résultats	Utilisation de la loi normale, pour une fiabilité de 95%, le taux d'engagement doit vérifier la relation:
7	Évaluer P avec une marge d'erreur précise à l'aide d'un test statistique	$P - 2\sigma < P < P + 2\sigma$ Avec $\sigma = \sqrt{P(1-P)/N}$ σ représente l'écart type

Avant de débiter les observations, une séance d'information d'une durée de 30 minutes a été organisée par l'étudiante-chercheuse auprès des trois superviseurs de production et du chef de service en premier lieu, puis auprès des employés de production de jour et de soir.

La séance d'information visait à présenter les objectifs ainsi que le déroulement des observations. Cette étape de préparation est une étape cruciale pour la réussite de cette méthodologie, comme on a pu le voir dans la revue de littérature de ce présent travail.

Munie d'un crayon et de la feuille d'observation, l'étudiante-chercheuse identifiait les activités à VA, NVA nécessaires et NVA non nécessaires en marquant des bâtons vis-à-vis de chaque catégorie. Un aperçu de la feuille d'observation est proposé au Tableau 4.3.

Tableau 4.3 : Feuille d'observation

		Feuille d'observation Employé
Observateur : Myriam Moknine		Secteur observé : Centre d'usinage
Date : Heures :		Quart de travail :
	Employé observé :	
	Activités observées	
Activités à valeur ajoutée	Opération secondaire (perçage)	
NVA nécessaires	Préparations et mise en route : montage, démontage des pièces	
	Manutention, manipulation, transport	
	Problèmes techniques, interventions sur la machine	
	Inspections, interventions machine	
NVA non nécessaires	Recherches (matières, pièces, outils...)	
	Autres (emballage, entrée données, consultation de procédures...)	
	Attentes (pont-roulant, informations, pièces, outils...)	
Total		

À la fin des observations qui se sont déroulées sur une période de trois semaines, l'étudiante-chercheuse a retranscrit les données collectées sur une table de dépouillement pour représenter les résultats et calculer le temps d'opération mesuré en minutes. La table de dépouillement est détaillée dans les sections suivantes.

4.4.3 Nombre d'observations, fréquences et temps requis

Les journées d'observations étaient étalées sur une période de trois semaines. L'étudiante-chercheuse effectuait des observations cinq jours par semaine, sur les quarts de travail de jour et de soir.

Les observations ont lieu à des horaires définis à l'avance et connus par l'étudiante-chercheuse. Ces horaires sont obtenus à l'aide des tables de nombres au hasard tel que décrit dans le premier chapitre de revue de littérature. Les horaires d'observations permettent de définir une planification journalière. Cette planification journalière est à reconstruire tous les jours pour observer les employés quotidiennement à des moments différents.

La durée approximative des périodes d'observations était d'environ 10 minutes. L'étudiante suivait la planification journalière en débutant à 8 heures le matin et terminait vers 17 heures. Les heures de repas entre midi et 13 heures étaient exclues de ces périodes.

L'étudiante-chercheuse observait un seul employé à chaque période d'observation de 10 minutes. Elle notait le prénom de l'employé sur chaque feuille d'observation de façon à ce que tous les employés soient observés dans une journée.

4.4.4 Validation des feuilles d'observations

Un minimum de 150 périodes d'observation était nécessaire suivant la méthodologie présentée précédemment. Il est important de mentionner que les activités des employés dans le centre d'usinage étaient cycliques et répétitives.

Les données étaient reportées en fin de journée sur un tableau de dépouillement des résultats présenté le Tableau 4.4. Ce tableau sert à dresser un bilan partiel des résultats journaliers et à voir si on converge vers des estimations préalables de P qui représente le taux d'engagement. Ce dernier détermine la présence ou l'absence de l'employé à son poste de

travail et si l'observation est valide. Avec les résultats partiels, on calcule la marge d'erreur S. Si la marge d'erreur calculée pour chaque fin de journée est supérieure à la marge d'erreur définie initialement (5 %), les observations continuaient mais l'étude n'est validée que si la marge d'erreur de chaque état observé était inférieure à la valeur initialement fixée.

En parallèle, le nombre d'observations nécessaires pour respecter le niveau de confiance ainsi que la marge d'erreur étaient recalculés chaque jour.

Tableau 4.4 : Tableau de dépouillement des résultats

Journée d'observation	Heures d'observations	N	N+	N	N+ cumulé	P	S
Jour 1							
Jour 2							
Jour 3							
Jour 4							
Jour 5							
Jour 6							
Jour 7							
Jour 8							
Jour 9							
Jour 10							
Jour 11							
Jour 12							
Jour 13							
Jour 14							
Jour 15							

N : nombre d'observations, N+ (observations favorables : VA, NVA nécessaires et non nécessaires, autres), P (taux d'engagement), S (marge d'erreur).

4.4.5 Techniques d'analyse des résultats

Les résultats des observations permettent d'obtenir la proportion des activités en fonction de la décomposition des activités observées et présentées précédemment. Ces proportions ont

été traduites en minutes et extrapolées à une journée de travail de huit heures : pour plus de détails, se reporter au Tableau 4.5.

Tableau 4.5 : Table de décomposition des activités et leur durée

		Pourcentage (%)	Heures
Activités à valeur ajoutée	Opération secondaire (perçage)		
NVA nécessaires	Préparations et mise en route : montage, démontage des pièces		
	Manutention, manipulation, transport		
	Problèmes techniques, inspections, interventions sur la machine		
NVA non nécessaires (gaspillages)	Recherches (matières, pièces, outils...)		
	Autres (emballage, entrée de données, consultation de procédures...)		
	Attentes (pont-roulant, information, pièces, outils...)		
Autres	Absent de la cellule		
Total excluant les pauses et les besoins personnels		100 %	Heures

Pour synthétiser les résultats des observations instantanées et quantifier le résultat, deux indicateurs de performance opérationnelle ont été choisis : le temps de cycle et le coût de produit. Le Tableau 4.6 décrit ces deux indicateurs.

Tableau 4.6 : Indicateurs de performance opérationnels choisis pour l'étude de cas

Variables	Description	Unité de mesure
Temps de cycle	La somme des temps à VA et NVA ainsi que le temps d'usinage de la matière sur la machine	Heures
Coûts de produit	Coûts de main-d'œuvre multipliés par le temps de cycle	\$ CAN

Le choix de ces indicateurs découle de la revue de littérature. En effet, le temps de cycle et les coûts de produit constituent les variables les plus citées dans les indicateurs de performance opérationnelle. Et ce, plus spécifiquement dans le secteur de l'aéronautique semblable à l'environnement de la présente recherche.

Tout d'abord, nous avons construit une table de décomposition avec les données d'observations en préimplantation. La table de décomposition reflète la séquence des opérations du processus d'usinage telle que nous l'avons observé sur le plancher de production. Nous y avons intégré la variable de coût de produit basé sur le coût de la main d'œuvre. Nous avons construit par la suite une deuxième table de décomposition en postimplantation en nous basant sur les mêmes étapes du processus. De même, les données sur le temps d'opération ont été obtenues à partir des résultats des observations instantanées. Pour finir, nous avons ajouté la variable de coût de main-d'œuvre afin de quantifier les gains sur les coûts de production. Les gains seront représentés à l'aide de graphique de proportion des activités.

La séquence des opérations regroupe à la fois les opérations de valeur ajoutée, les opérations à non-valeur ajoutée nécessaires et celle non-nécessaires. Il est important de rappeler que, les opérations de valeur ajoutée pour le processus d'usinage sont :

- L'usinage automatisé des pièces sur la machine;
- Les opérations secondaires manuelles.

Tableau 4.7 : Table de décomposition des tâches utilisée pour la quantification des indicateurs de performance opérationnelle

Processus Avant/Après	Cycle (jours)	Temps(h) TU+TO	TU	TO	Taux Horaire	Coût
		Lot = 1.00			\$/h	k\$
Transport, Manipulation, Attente, Recherche Matière et/ou pièce						
APPROVISIONNEMENT AU POSTE						
Transport, Manipulation, Attente, Recherche Matière et/ou pièce						
MONTAGE MATIERES						
Transport, Manipulation, Attente, Recherche Matière et/ou pièce						
USINAGE						
Transport, Manipulation, Attente, Recherche Matière et/ou pièce						
MONTAGE						
Transport, Manipulation, Attente, Recherche Matière et/ou pièce						
USINAGE						
Transport, Manipulation, Attente, Recherche Matière et/ou pièce						
DEMONTAGE						
Transport, Manipulation, Attente, Recherche Matière et/ou pièce						
OPERATION SECONDAIRE						
Transport, Manipulation, Attente, Recherche Matière et/ou pièce						

Avec : TU : temps d'usinage obtenu à partir de la documentation du projet; TO : temps opérateur de production; cycles : (temps total (TM+TO)/nombre d'heures travaillées par jour); le coût : taux horaire*temps(h)

4.5 Enquête par questionnaire

La cueillette des données par questionnaire était une source d'information importante pour l'étape de collectes des données de cette étude de cas (Gagnon, 2005).

Le questionnaire visait à recueillir les données sur le niveau de satisfaction des participants, leurs perceptions ainsi que sur l'impact du projet Lean.

Trois principales catégories de participants ont été ciblés : les employés de production, le conseiller en santé et sécurité et les gestionnaires.

Le questionnaire a été construit à partir de la revue de littérature. Plusieurs thèmes et sujets étaient abordés dans ce questionnaire et nous ont permis de recueillir les ressentis et les perceptions des répondants. D'autres questions nous ont permis de documenter l'impact du projet Lean ainsi que les facteurs de succès. Des précisions sur le profil des participants ont été demandées à titre d'informations sociodémographiques. Les questionnaires soumis sont présentés au complet en annexe (B).

Le questionnaire de 13 pages prenait environ 20 minutes à remplir. Il comprenait huit sections au total. Chaque section traitait d'un sujet et contenait plusieurs questions.

Le questionnaire débutait avec les informations sociodémographiques en lien avec l'âge, le sexe ainsi que le profil du répondant. Les questions étaient pour la plupart de type fermé, offrant la possibilité d'un choix de réponses. Toutefois, quelques questions ouvertes étaient incluses dans chacune des sections.

L'étudiante-chercheuse a procédé à des rencontres individuelles avec chacun des participants ciblés afin de compléter le questionnaire. L'entretien durait entre 30 et 60 minutes. Des discussions ouvertes étaient toutefois permises afin de permettre de recueillir des commentaires supplémentaires. Ceux-ci sont présentés en annexe (D).

Le Tableau 4.8 illustre le détail des sections du questionnaire :

Tableau 4.8 : Sujets et sections du questionnaire

Sections	Sujets des questions
Section 1	Variables sociodémographiques (âge, titre professionnel, nombre d'années d'expérience)
Section 2	Niveau de satisfaction du projet Lean dans le centre d'usinage
Section 3	Résultats du projet (santé et sécurité, qualité, temps de cycle, quantité des inventaires, polyvalence des employés, facteurs de succès, impacts positifs, impacts négatifs)
Section 4	Approche Lean utilisée (formation et connaissance du Lean)
Section 5	Participants du projet (implication dans le projet, niveau de motivation)
Section 6	Support de la direction et des gestionnaires tout au long du projet
Section 7	Communication dans la gestion de projet
Section 8	Commentaires supplémentaires

4.6 Cueillette de données complémentaires

À l'aide d'un plan d'aménagement du centre d'usinage avant la mise en place du projet Lean, un diagramme spaghetti a été effectué avec le chef du groupe production afin de quantifier les déplacements des opérateurs en préimplantation. Ce diagramme spaghetti a été effectué après les observations qui se sont déroulées sur une période de trois semaines. Le diagramme spaghetti visait à représenter les déplacements physiques d'un employé travaillant dans le centre d'usinage avant et après l'implantation du projet Lean. Les déplacements représentés avec des flèches étaient ensuite convertis en pieds linéaires en fonction de l'échelle du plan d'aménagement.

D'autres documents tels que l'analyse de risque en santé sécurité et de la cellule effectuée en préimplantation ainsi que celle effectuée en postimplantation par le conseiller santé sécurité et des firmes externes ont permis de bien comprendre les méthodes de travail des employés de production. Cela a permis aussi d'identifier les risques en matière de santé sécurité.

Cette documentation a permis en premier lieu à l'étudiante-chercheuse de présenter au lecteur un diagnostic des risques potentiels en santé sécurité avant et après implantation du

projet ainsi les pratiques mises en place pour pallier ces risques. Dans un second lieu, ce diagnostic a permis d'appuyer les perceptions des répondants, obtenus à l'aide des questionnaires et des entretiens. En effet, la première section du questionnaire consistait à évaluer les améliorations et/ou détériorations en santé sécurité suite à l'implantation du projet Lean. À l'aide de ce diagnostic et des résultats de l'étude de cas, l'étudiante-chercheuse a proposé des recommandations en lien avec la santé sécurité dans le chapitre des discussions

Finalement, d'autres données telles que le VSM, le mandat du projet Lean, la documentation de la formation, le Système Atteindre l'Excellence ont été analysées pour recueillir de l'information complémentaire à la présente recherche et discuter les résultats.

CHAPITRE 5 LES RÉSULTATS DE L'ÉTUDE DE CAS

Ce chapitre présente les résultats de l'étude de cas du projet d'optimisation du centre d'usinage. Les résultats seront présentés suivant le schéma de la recherche proposé dans le chapitre précédent. En premier lieu sera présentée une cartographie des étapes du processus d'usinage de la documentation du projet. En second lieu, nous reviendrons sur les résultats de la liste de vérification. Les résultats des observations instantanées suivront et, finalement, les résultats de l'enquête par questionnaires.

5.1 Processus d'usinage avant implantation du projet Lean

La Figure 5.1 présente le plan d'aménagement avant l'implantation du projet Lean. Le plan d'aménagement a été produit par l'étudiante-chercheuse à partir des visites et des observations sur le plancher de production.

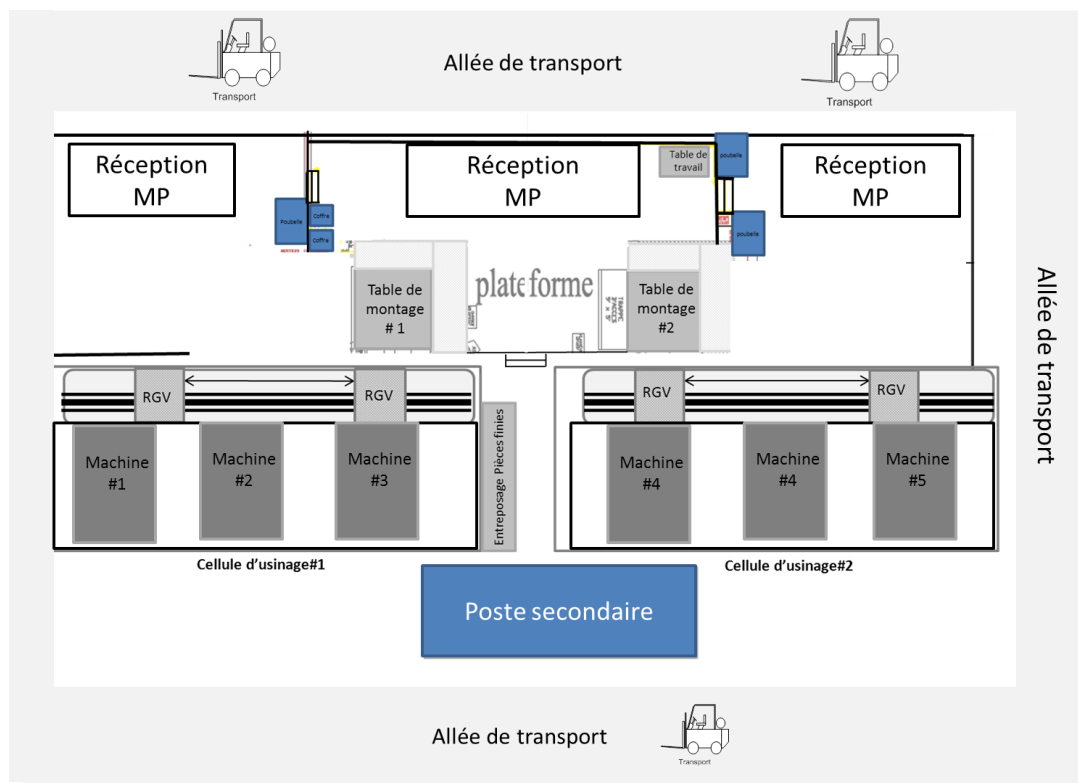


Figure 5.1 : Plan d'aménagement du centre d'usinage avant l'implantation du projet Lean

Le plan d'aménagement met en évidence l'espace d'entreposage des matières premières situé aux deux extrémités de la cellule ainsi qu'au centre. La majorité des opérateurs de production travaillent sur les deux tables de montage. Seul un opérateur occupe le poste secondaire.

Afin de bien comprendre les grandes étapes du processus d'usinage, la Figure 5.2 montre le VSM du centre d'usinage obtenu à l'aide de la documentation du projet.

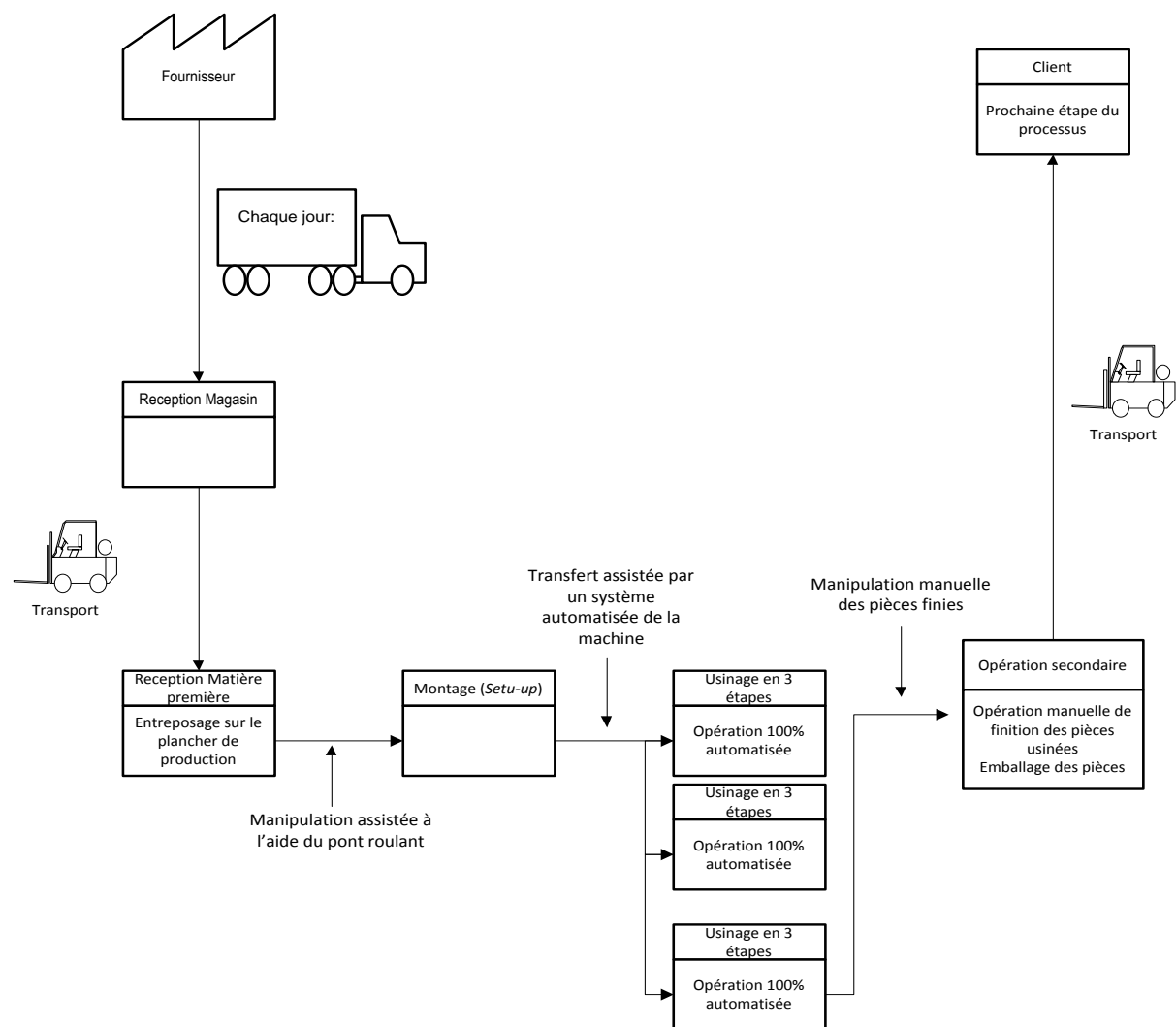


Figure 5.2 : VSM du centre d'usinage avant l'implantation du projet

Il y a deux grandes étapes dans le processus d'usinage. La première étape consiste à usiner la matière première sur les machines automatisées. En fonction du programme du type de pièce, l'usinage peut s'effectuer en deux ou trois étapes. Afin d'amener la matière sur les tables de montage, les opérateurs utilisent le pont roulant. La matière peut peser jusqu'à

environ 725 kg. De même, après chaque étape d'usinage les opérateurs doivent utiliser le pont roulant afin de retourner la matière avant de l'envoyer sur la machine pour une autre étape d'usinage. Une fois que la pièce est usinée, les opérateurs manipulent manuellement la pièce et l'amènent au poste secondaire. Les pièces finies pèsent approximativement entre 2,2 et 16,7 kg.

Les observations en préimplantation effectuées sur le plancher de production nous ont permis de constater deux principaux goulots. Le premier concerne l'accumulation des inventaires de matières premières sur le plancher de production, en amont des machines. Cette accumulation amène les opérateurs à effectuer de multiples manipulations afin de rechercher les matières planifiées sur les machines.

Le deuxième goulot concerne la quantité d'inventaire de pièces finies en amont du poste secondaire. Il est à mentionner que seule une personne est en charge d'effectuer les tâches du poste secondaire.

5.2 Processus d'usinage après implantation du projet Lean

Suite au projet Lean du centre d'usinage, le réaménagement de la cellule a permis de mettre en place un système de convoyeurs pour acheminer les matières premières en flux continu et linéaire directement au poste de montage. Ce nouveau mode de fonctionnement a favorisé une réduction des manipulations et du temps de recherche des opérateurs. La matière est entreposée sur le convoyeur par l'opérateur de transport selon l'ordonnancement lancé par la logistique. Le nouvel aménagement a permis également de mettre en place un flux tiré afin d'ajuster la quantité des inventaires suivant la demande du centre d'usinage.

Par ailleurs, les pièces finies sont acheminées au poste secondaire à l'aide d'un autre convoyeur. Le poste secondaire mis en place a une capacité de deux opérateurs. Il est dédié seulement aux opérations du centre d'usinage. La Figure 5.3 montre le nouvel aménagement du centre d'usinage. Ce plan d'aménagement a été produit suite aux observations et aux visites de l'étudiante-chercheuse sur le plancher de production

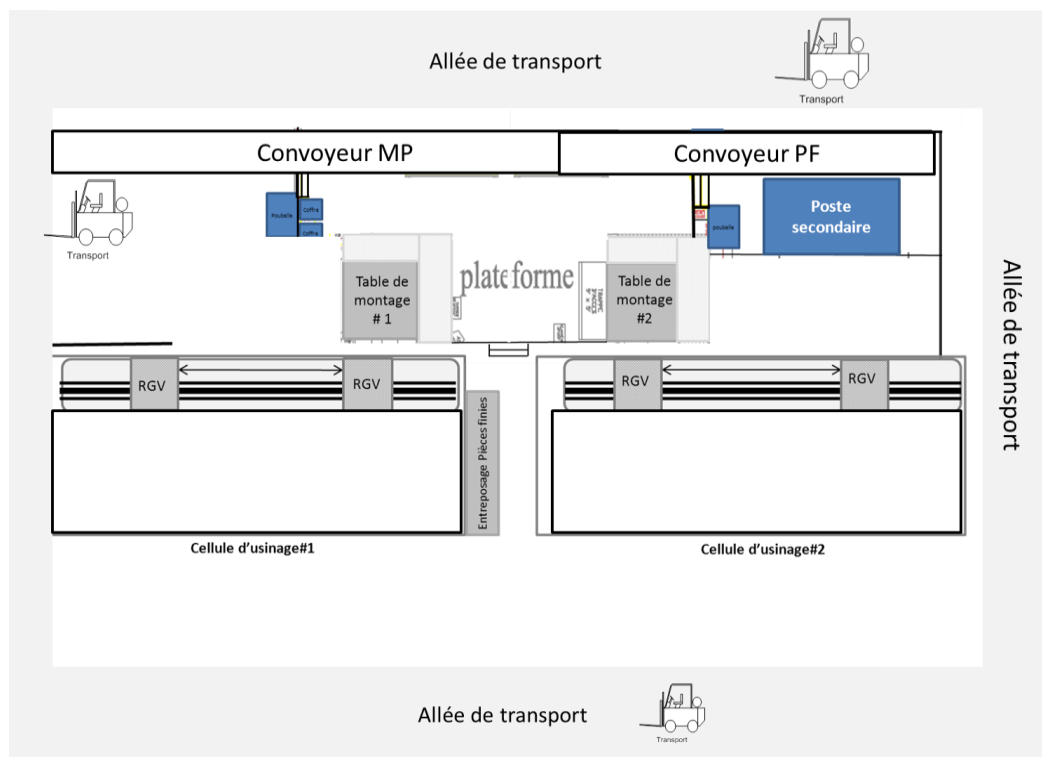


Figure 5.3 : Plan d'aménagement du centre d'usinage en postimplantation du projet Lean

Afin de comprendre les étapes du processus d'usinage en postimplantation, la Figure 5.4 présente le VSM en postimplantation du projet Lean. Le principal constat mis en évidence par le VSM concerne l'élimination de l'opération d'emballage et la réduction des manipulations assistées par les opérateurs de production suite à la mise en place du nouvel aménagement.

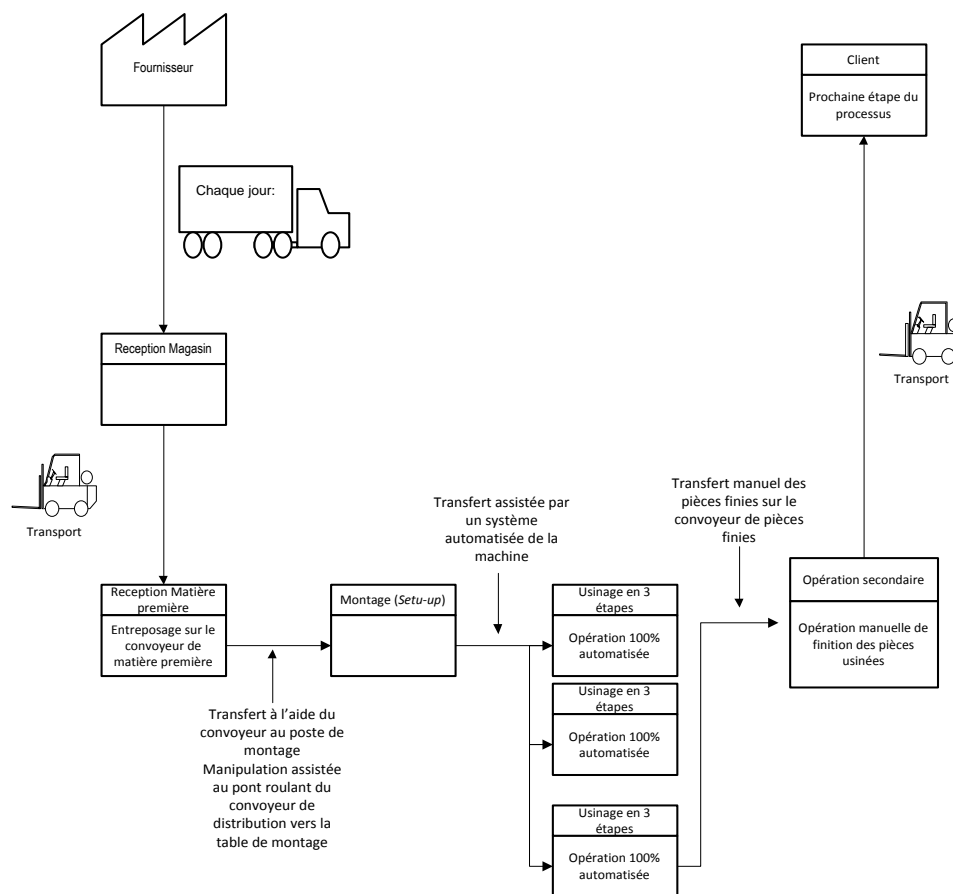


Figure 5.4 : VSM du centre d'usinage après l'implantation du projet.

5.3 Identification du niveau de maturité des concepts Lean, résultats de la liste de vérification

Les résultats de l'évaluation du niveau de maturité des concepts Lean à l'aide de la liste de vérification sont présentés dans le Tableau 5.1. Ces résultats mesurent la maturité en préimplantation, trois mois en postimplantation et six mois en postimplantation.

L'analyse des résultats met en évidence une forte intégration des concepts Lean mis en place. En effet, le niveau de maturité des concepts Lean communs en postimplantation se situe entre trois et cinq sur une échelle de cinq.

Les concepts présentant le niveau de maturité le plus élevé sont le développement humain, la gestion visuelle et l'amélioration continue. Les résultats détaillés de la liste sont présentés en annexe (A).

Tableau 5.1 : Résultats de la liste de vérification : (1) préimplantation, (2) six mois en postimplantation, (3) deux ans en postimplantation

Concepts Lean Communs	Pratiques Lean	Résultats		
		1	2	3
1. Élimination des sources de gaspillage	1.1 L'analyse de la valeur et des sources de gaspillage	2	4	5
	1.2 La cartographie de la chaîne de valeur	3	4	4
2. Juste-à-temps	2.1 Le flux tiré	1	3	3
	2.2 La gestion des stocks	2	3	4
	2.3 L'optimisation des temps de mise en route et de changement de série	4	4	4
	2.4 Flux pièce à pièce "One Pièce Flow"			
	2.4.1 Le mode d'organisation en "One Pièce Flow"	1	3	4
	2.4.2 L'optimisation du flux pièce à pièce	2	4	4
	2.5 Le travail est nivelé et équilibré	1	4	4
3. Amélioration continue	3.1 Le programme d'amélioration continue et le Kaizen	4	4	4
	3.2 La mesure de la performance	3	4	4
4. Qualité totale	4.1 Le standard			
	4.1.1 Les procédures de travail	3	4	4
	4.1.2 Les gammes de fabrication	3	3	3
	4.1.3 Les pertes de temps et les gaspillages	1	4	5
	4.1.4 La gestion de la qualité	5	5	5
	4.2 La résolution de problème	4	4	5
	4.3 Le dispositif anti-erreur ou Poka-Yoké	4	4	4
	4.4 La maintenance préventive (TPM)	2	2	5
	4.5 L'analyse des écarts	4	4	4
	4.5.1 La communication des causes racines et la standardisation des solutions	4	4	4
5. Gestion visuelle	5.1 Les indicateurs du tableau de bord équilibré	3	4	4
	5.2 Le 5S			
	5.2.1 L'organisation des lieux de travail	3	4	5
	5.2.2 L'identification des zones de travail	1	4	4
	5.2.3 L'affichage visuel	4	4	4
6. Développement humain	6.1 Les employés sont polyvalents	3	4	5
	6.2 La santé et la sécurité			
	6.2.1 La gestion et la sensibilisation de la santé-sécurité	5	5	5
	6.2.2 Le port des équipements de protection individuelle	5	5	5
	6.2.3 Allée de circulation	5	5	5
	6.3 L'engagement des dirigeants	5	5	5

Le premier constat des résultats de la liste de vérification concerne les améliorations significatives des principes Lean mis en place. En effet, le concept d'élimination des sources de gaspillage et la mise en place du juste-à-temps sont les deux principes Lean qui constituent la plus forte amélioration. La mise en place du TPM a augmenté le niveau de maturité du concept de la qualité totale. La Figure 5.5 illustre les résultats du niveau de maturité des concepts Lean communs mesurés.

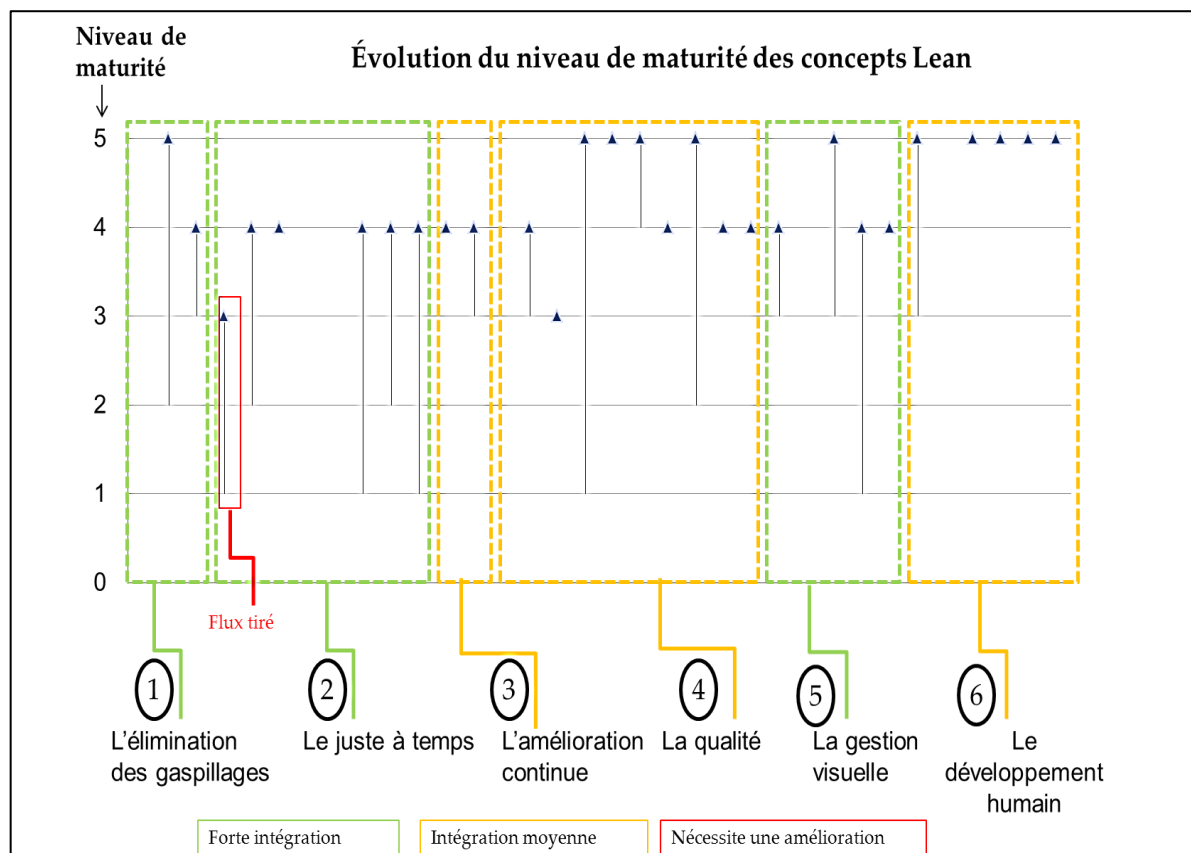


Figure 5.5 : Niveau de maturité des concepts Lean

Les principes relatifs à l'amélioration continue et à la qualité totale ont obtenu un résultat différent de celui des deux principes cités ci-haut. Il convient de remarquer que les résultats de la liste de vérification permettent de constater une forte intégration des concepts Lean mesurés. Les résultats détaillés de cette liste sont présentés en annexe (A) viennent confirmer ce constat.

Il est important de noter que depuis l'implantation du projet, l'équipe a acquis un niveau de maturité SAE rapporté par le chef de service production de l'ordre de 4,7 sur une échelle de 5.

Le niveau de maturité SAE a facilité l'intégration des concepts Lean par la mise en place du PDCA, du tableau de bord équilibré et de ses indicateurs, sans oublier la participation active des employés dans le système.

Par ailleurs, nous pouvons remarquer que deux ans après l'implantation du projet Lean, le niveau de maturité du concept de flux tiré n'a pas été amélioré significativement. Les observations effectuées sur le plancher de production nous font constater qu'il y a un niveau élevé de stocks de pièces finies à l'étape de l'expédition. Ce constat va se confirmer lors des entretiens avec le chef d'équipe de production. Nous y reviendrons dans la section suivante consacrée aux résultats des entretiens.

5.4 Résultat des observations sur le plancher de production

5.4.1 Analyse quantitative des observations

Tout d'abord, les paramètres des observations comme la planification des horaires sont présentés dans le Tableau 5.2.

Tableau 5.2 : Les paramètres des observations

Nombre d'employés observés	10
Nombre d'états observés	3 : VA, NVA nécessaires, NVA non nécessaires
Nombre de jours d'observation	15
Nombre de période d'observation N à réaliser	150 minimum
Durée des périodes d'observations	10 minutes
Nombre moyen de périodes d'observation par jour	14,5 observations

Le Tableau 5.3 présente les résultats de dépouillement des observations.

Tableau 5.3 : Dépouillement des observations implantation

Journée d'observation	N	N+	N cumulé	N+ cumulé	P	S
Jour 1	12	10	12	10	83.3%	25.8%
Jour 2	15	15	27	25	92.6%	10.9%
Jour 3	11	10	38	35	92.1%	9.5%
Jour 4	13	13	51	48	94.1%	7.0%
Jour 5	15	15	66	63	95.5%	5.4%
Jour 6	16	16	82	79	96.3%	4.3%
Jour 7	17	13	99	92	92.9%	5.5%
Jour 8	14	10	113	102	90.3%	6.2%
Jour 9	14	10	127	112	88.2%	6.5%
Jour 10	18	17	145	129	89.0%	5.8%
Jour 11	17	15	162	144	88.9%	5.6%
Jour 12	14	12	176	156	88.6%	5.4%
Jour 13	10	8	186	164	88.2%	5.4%
Jour 14	16	14	202	178	88.1%	5.2%
Jour 15	17	15	219	193	88.1%	5.0%

On constate que le taux d'engagement P de 88,1 % est atteint avec une marge d'erreur de 5 %. Le nombre d'observations visées à 150 a été atteint. Le taux d'engagement vérifie la relation : $80,1 < P < 89,711$, ce qui confirme la fiabilité des résultats avec un intervalle de confiance de 88.1 % et une marge d'erreur de 5 %.

¹¹ La relation de $P - 2\sigma < P < P + 2\sigma$.

Le Tableau 5.4 et le Tableau 5.5 présentent les proportions des activités à VA, NVA nécessaires et NVA non nécessaires obtenues à partir des observations. Les proportions ont été traduites en minutes afin d'évaluer le temps d'opération pour chacune des catégories.

Tableau 5.4 : Proportion des activités des employés de production assignés aux machines

		Préimplantation			Postimplantation		
		Nombre d'observations	Pourcentage	Temps d'opération (heures)	Nombre d'observations	Pourcentage	Temps d'opération (heures)
NVA nécessaires	Préparations et mise en route : montage, démontage des pièces	39	42 %	0,75	62	67 %	0,50
	Manutention, manipulation, transport	28	30 %	0,53	21	22 %	0,17
NVA non nécessaires (gaspillage)	Recherches (matière, pièces, outils...) + Attente	13	14%	0,25	0	0 %	0,00
Autres	Autres (emballage, entrée données, consultation de procédures...), problèmes techniques, inspections, interventions sur la machine, absences du poste	13	14 %	0,25	10	11 %	0,08

Tableau 5.5 : Proportion des activités des employés de production assignés aux opérations secondaires

		Préimplantation			Postimplantation		
		Nombre d'observations	Pourcentage	Temps d'opération (heures)	Nombre d'observations	Pourcentage (%)	Temps d'opération (heures)
Activités à valeur ajoutée	Opération secondaire (perçage)	52	56 %	0,75	80	86%	0.50
NVA nécessaires	Manutention, manipulation, transport	6	6 %	0,08	0	0 %	0,0
NVA non nécessaires (gaspillage)	Recherches (matière, pièces, outils...), attente	12	13%	0,17	0	0 %	0,00
Autres	Autres (emballage, entrée de données, consultation de procédures...), problèmes techniques, inspections, interventions sur la machine, absences du poste	23	25 %	0,25	5	5 %	0,08

5.4.2 Quantification des indicateurs de performance opérationnelle

Le temps de cycle est constitué des opérations à valeur ajoutée telles que les opérations d'usinages, des opérations à non-valeur ajoutée nécessaires telles que la manipulation assistée à l'aide du pont-roulant et des opérations considérées comme du gaspillage telles que les temps d'attentes et de recherches de pièces. Il est important de rappeler que le temps de cycle a été obtenu à partir des tables de décomposition du processus d'usinage. Le temps de cycle inclut toutes les étapes du processus d'usinage allant de la réception de la matière première jusqu'à l'expédition de la pièce finie à la prochaine étape du processus.. Les temps d'opérations ont été obtenus à l'aide des résultats des observations. Les graphiques présentés sur la Figure 5.6 et la Figure 5.7 présentent l'évaluation du temps de cycle. Le gain de ce dernier se situe à 51 %.

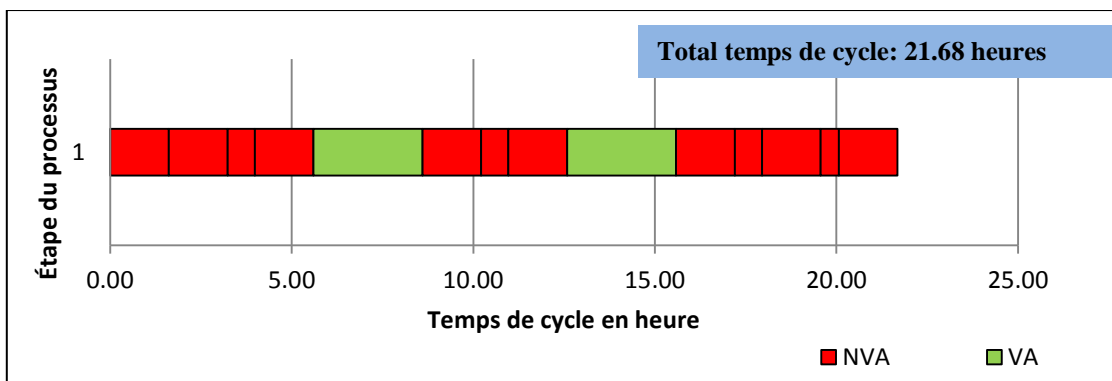


Figure 5.6 : Temps de cycle avant l'implantation du projet

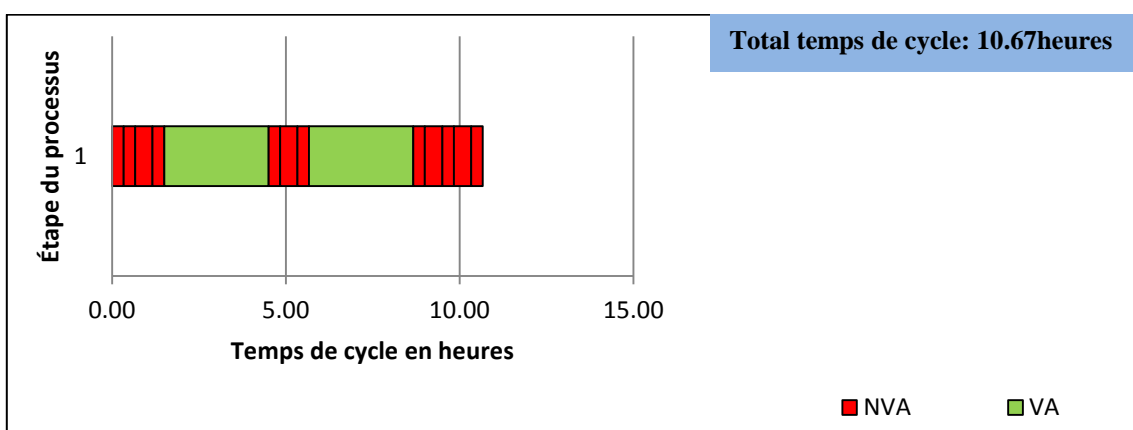


Figure 5.7 : Temps de cycle après l'implantation du projet

Les graphiques mettent en évidence une diminution du temps de cycle. Cette diminution est le résultat des améliorations apportées par la démarche Lean. En effet, des opérations à non-valeur ajoutée telles que la recherche de matière première, la manipulation assistée avec le pont-roulant et les déplacements des employés ont été diminués suite au réaménagement de la cellule.

Par ailleurs, le gain sur le coût de produit est environ de 70 %. La Figure 5.8 et la Figure 5.9 illustrent ce gain. Les tables de décomposition des temps de cycle et du coût de produit sont présentées en annexe (F).

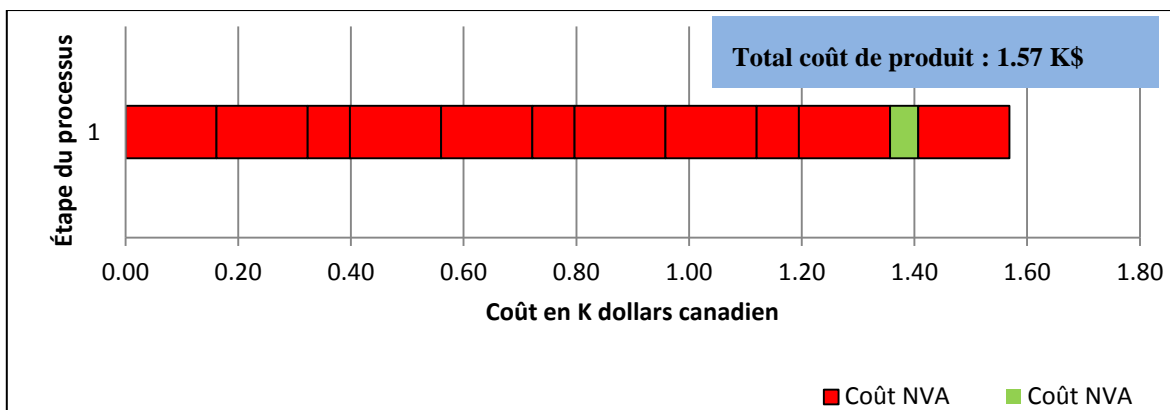


Figure 5.8 : Coût de produit avant l'implantation du projet

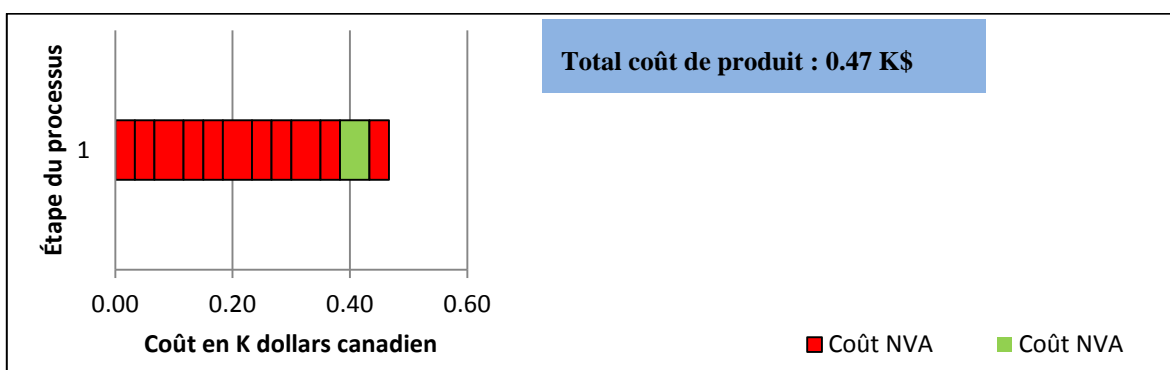


Figure 5.9 : Coût de produit après l'implantation du projet

5.5 Résultats de l'enquête par questionnaire

5.5.1 Caractéristiques sociodémographiques des participants

La moyenne d'âge des neuf répondants aux questionnaires est de 45 ans, variant de 28 ans à 53 ans. Six répondants sur 9 ont plus de 20 ans d'expérience au sein de l'entreprise. La moyenne d'ancienneté dans le centre d'usinage est d'environ sept ans, variant de 1 mois et demi à 25 ans d'expérience. La plupart des employés du centre d'usinage ont toujours travaillé dans le secteur de l'usinage. Le Tableau 5.6 résume le profil des répondants.

Tableau 5.6 : Caractéristiques sociodémographiques des répondants

Répondants	Nombre d'années d'expérience dans l'entreprise	Nombre d'années d'expérience en usinage	Âge
Directeur de production	15 ans	1 an et 6 mois	39
Chef de service production	6 ans	2 mois	28
Superviseur de production	25 ans	25 ans	49
Conseiller santé et sécurité	13 ans et 7 mois	13 ans et 7 mois	47
Employé de production-1	33 ans	2 ans	53
Employé de production-2	27 ans	2 ans et 6 mois	47
Employé de production-3	25 ans	7 ans	44
Employé de production-4	24 ans	24 ans	49
Employé de production-5	27 ans	2 ans	49

5.5.2 Niveau de satisfaction à l'égard du projet Lean

L'ensemble des répondants interrogés (100 %) ont indiqué être satisfaits ou très satisfaits du projet Lean implanté dans le centre d'usinage. Les employés de production s'entendaient pour dire qu'ils étaient fiers de travailler dans le nouvel environnement transformé. Les gestionnaires indiquaient que depuis l'implantation du projet, plusieurs employés d'autres secteurs demandaient d'être transférés dans le centre d'usinage.

« Aujourd'hui, on a forcé le maintien des améliorations mises en place. La rigidité des infrastructures et la mise en ligne ont forcé ce maintien contrairement à d'autres projets dans d'autres secteurs ou projets Lean. » Directeur de production.

« Ce projet a été fait du début à la fin en collaboration étroite avec les services de support, dont le Service de santé, sécurité et environnement. Le concept initial de l'aménagement de la cellule d'usinage a été développé en atelier avec des employés du secteur ainsi que des

représentants de tous les services. Dès les premières ébauches du projet, les enjeux de santé et sécurité ont été examinés afin de réduire les risques au minimum tout en optimisant la productivité, la qualité et la flexibilité de la cellule. » Conseiller en santé sécurité.

5.5.3 La perception des résultats du projet Lean

5.5.3.1 La santé et la sécurité

Huit répondants sur neuf ont indiqué avoir constaté des améliorations en lien avec la santé et la sécurité des lieux de travail. Seul un employé de production a déclaré ne pas avoir constaté ces améliorations. La plupart de ces améliorations sont en lien avec la réduction du nombre de manutentions et les déplacements des employés.

« Ergonomie reliée à la réduction de la manutention manuelle des pièces avec l'utilisation des différents convoyeurs. » Employés de production.

« Manipulation des matières, peu de stocks entreposés sur le plancher de production. » Directeur de production.

« Le nouvel aménagement minimise les déplacement et les manutentions, les matières premières ne traînent pas sur le plancher et sont acheminées à la bonne place. » Employés de production.

Quelques employés de production ont fait le lien avec l'amélioration de la polyvalence des employés ainsi que la santé et la sécurité :

« L'amélioration de la polyvalence des employés aide à ménager les efforts aux épaules et aux coudes pour les opérations répétitives du poste secondaire. » Employés de production

Par ailleurs, le superviseur de production a relevé quelques contraintes liées à la santé et à la sécurité suite à l'implantation du projet : « l'emplacement est plus petit et les espaces sont parfois encombrés », a-t-il laissé savoir.

Le conseiller en santé-sécurité et environnement a déclaré que certaines problématiques existaient avant l'implantation et n'ont pas pu être corrigées avec l'implantation du projet.

« Certaines problématiques existantes avant le projet n'ont pu être corrigées. Par exemple, le renversement des grandes pièces entre les stages d'usinage est toujours problématique ainsi

que le nettoyage du dessous des fixtures. Par contre, il ne s'agit pas de détériorations par rapport à la situation initiale. »

Tel que présenté précédemment dans le chapitre de la méthodologie, la consultation de la documentation de projet a permis d'effectuer un diagnostic des risques potentiels en santé, sécurité et ergonomie, avant et après implantation du projet Lean. Le Tableau 5.7 montre les principaux risques identifiés avant l'implantation du projet. Il est important de mentionner que pour chacun des risques, des pratiques sécuritaires ont été proposées aux opérateurs. Ces pratiques consistent principalement à adopter des nouvelles méthodes de travail afin de minimiser les postures contraignantes.

Tableau 5.7 : Analyse des risques en santé sécurité du centre d'usinage (L'équipe Entrac, 2008).

Numéro	Description du risque avant l'implantation du projet	Recommandation	Statut en préimplantation
1	Manipuler une pièce de matériel entre l'établi et la machine	Des nouvelles méthodes de travail ont été proposées aux opérateurs de production. Ces méthodes consistent par exemple à utiliser les coudes près du corps, le dos droit ou encore l'utilisation des deux mains.	Appliqué partiellement par les opérateurs. Le rapport est disponible seulement en version électronique.
2	Installer ou retirer les ancrages du palan sur une pièce ou un gabarit		
3	Travailler avec les pièces usinées sur la table		
4	Installer ou retirer les ancrages du pont roulant sur une pièce		
5	Retourner ou retirer les ancrages d'un gabarit ou d'une pièce sur la table de montage		
6	Nettoyer la table de montage avec un aspirateur et une pierre		
7	Fixer ou retirer un gabarit sur la table de montage à l'aide d'un <i>drill</i>		
8	Desserrer une pièce usinée sur un gabarit à l'aide d'une perceuse		

Il est important de noter que l'entreprise a évalué la possibilité de changer la disposition des tables de montages et les équipements de la machine. Par contre, selon les répondants interrogés et la consultation de la documentation, tout le mécanisme des machines se situe en dessous des tables de montage. Changer ce dispositif constitue un investissement élevé et a des répercussions sur la production en termes de temps pour effectuer les travaux.

Le Tableau 5.8 présente les risques évalués par le conseiller en santé et sécurité après l'implantation du projet. L'étudiante-chercheuse a pu vérifier à l'aide des observations sur le plancher de production et les entretiens avec les employés le statut des recommandations.

Tableau 5.8 : Recommandations proposées suite à l’audit santé sécurité en postimplantation (St-Marseille, 2012).

#	Recommandations spécifiques après l’implantation du projet	Statut
1	Séparer en deux (2) zones le système de détection des rideaux optiques devant les convoyeurs (recommandation suggérée selon la complexité et la faisabilité).	Complété
2	Ajouter un grillage entre les deux (2) poteaux pour protéger l’accès entre les convoyeurs C5 et C6.	Complété
3	Relocaliser les rideaux optiques en face du convoyeur de chargement C1 de la verticale à l’horizontale.	Complété
4	Créer et installer les fiches de cadenassage avec photos dans les manuels d’entretien (<i>logbook</i>) pour le système de convoyeur automatisé et les tables ventilées.	Complété
5	Ajouter des étiquettes de danger électrique et pour le dégagement de 3 pi. (1 m) nécessaire sur les deux (2) nouveaux panneaux électriques.	Complété
6	Rédiger et installer des instructions de sécurité aux différents postes de travail devant les convoyeurs pour le périmètre de sécurité et l’accès aux convoyeurs.	Complété
7	Ajouter un bouton d’arrêt d’urgence près du convoyeur de chargement C1.	Complété
8	Ajouter des convoyeurs à rouleaux pour faciliter l’acheminement des retailles aux <i>tubs</i> .	Complété
9	Ajouter une cellule photoélectrique au début du convoyeur C1, pour arrêt du convoyeur en cas de mouvement de recul.	Complété

La mise en place de la démarche Lean a amélioré les conditions de travail des employés ainsi que leur environnement de travail comme le montrent les résultats d’entretien et de la liste de vérification. Les employés rapportaient qu’ils étaient très fiers de travailler dans leur nouvel environnement.

Il est important, lors d’une implantation d’une démarche Lean, de prêter une importance particulière à la santé et à la sécurité des employés et à leurs motivations afin d’assurer la réussite de la démarche. L’objectif d’optimiser les flux de production et de réaménager la cellule amène généralement la réduction des opérations à non-valeur ajoutée et le gaspillage. Or, cet objectif pourrait engendrer l’augmentation des mouvements répétitifs. Dans le cas de notre projet, la santé et la sécurité ont toujours été la première priorité de l’entreprise et le premier levier opérationnel suivi rigoureusement par celle-ci. Le conseiller en santé et sécurité était impliqué dans la réalisation du projet du début à la fin afin d’éviter des risques potentiels engendrés par le nouvel aménagement. De plus, dans notre recherche, nous avons mis en évidence une diminution des manutentions suite à l’implantation du projet. Ces gains ont été rapportés par la majorité des employés de production, le conseiller en santé et sécurité et les gestionnaires. Ces bénéfices ne sont que peu référencés par la littérature.

La diminution de la quantité des manipulations demeure un gain important dans le cadre de la santé et la sécurité; en revanche, le processus d'usinage contient plusieurs étapes complexes qui requièrent l'assistance des employés.

L'étudiante-chercheuse a jugé important de procéder à une analyse de risque résiduel en servant des résultats du diagnostic avant et après implantation (présenté dans le chapitre des résultats). Des observations effectuées deux ans en postimplantation, ainsi que des résultats des entretiens avec les différents répondants. Cette analyse servira à compléter les constats en lien avec la santé et la sécurité et à alimenter les recommandations qui suivront dans la prochaine section. Le Tableau 5.9 présente l'analyse de risque effectuée par l'étudiante-chercheuse.

On constate que les nouveaux modes opératoires ne sont pas appliqués par tous les employés. Le nouvel aménagement du projet n'a en effet pas permis de corriger certains risques existant en préimplantation. Ce constat est en lien avec le commentaire du conseiller en santé et sécurité présenté dans la section précédente.

Tableau 5.9 : Analyse de risque résiduel effectuée en postimplantation

Source	Risque résiduel	Description de l'impact	Constat
Rapport d'analyse de risque effectuée en préimplantation effectué par Entrac ¹²	Postures contraignantes des travailleurs lors des opérations de montage des pièces	L'analyse de risque effectué par la compagnie Entrac a révélé des risques en matière de postures contraignantes des opérateurs lors des opérations de montage des pièces sur la table de montage.	Les observations ont révélé que certains opérateurs travaillaient en adoptant des positions proscrites dans le rapport d'analyse d'Entrac.
Observations supplémentaires en postimplantation	Entreposage des pièces en attente d'usinage sur la plateforme	Les pièces en attente d'un deuxième cycle d'usinage sont nettoyées et entreposées sur la plateforme de travail. Ceci crée de l'encombrement sur la plateforme de travail et limite les zones de circulation.	Les entretiens avec le conseiller en santé et sécurité et les employés ont révélé que ce risque avait été identifié dans le projet Lean. Par contre, aucune amélioration n'a été apportée. Selon les répondants, la solution qui avait été analysée semblait complexe et coûteuse.
	Encombrement de la zone d'expédition	Les zones d'entreposage de pièces finies sont identifiées à l'aide du marquage au sol. Par contre, la présence de charriots à l'extérieur des zones de marquage encombre les allées de circulation.	La présence d'une quantité importante de pièces finies est un indicateur d'absence de flux contrôlé avec le client du centre d'usinage.

¹² Entrac : société de consultants spécialisée dans l'accompagnement des entreprises dans l'intégration de la santé et la sécurité des employés dans le milieu de travail (L'équipe Entrac, 2014).

5.5.3.2 L'amélioration du temps de cycle et des inventaires

Six répondants sur neuf ont indiqué une amélioration du temps de cycle, alors que deux d'entre eux n'étaient juste pas en mesure de confirmer l'amélioration de ce temps de cycle.

Cinq des répondants ont pu quantifier l'amélioration, alors que deux n'étaient pas en mesure de le faire.

La quantification des améliorations varie entre 11 et 20 %, 21 à 50 % et 75 %. Le Tableau 5.10 montre les résultats de l'amélioration du temps de cycle selon l'évaluation des répondants.

Tableau 5.10 : Les résultats d'amélioration du temps de cycle selon les répondants

	Fréquence
Réduction entre 11-20 %	1
Réduction entre 21-50 %,	2
Réduction de plus de 75 %	2
Total	5
Non répondu / Ne sais pas	4
Total	9

Trois opérateurs de production ainsi que le conseiller en santé et sécurité n'ont pas pu quantifier l'amélioration du temps de cycle. Ces répondants ont indiqué qu'ils n'avaient pas eu accès aux données du temps de cycle avant l'implantation du projet et qu'ils n'étaient pas en mesure de le quantifier.

Tous les gestionnaires s'entendaient pour dire qu'il y a eu une amélioration du temps de cycle. Le directeur ainsi que le chef d'équipe de production estimaient l'amélioration à plus de 75 %. Ces deux répondants ont participé à la réalisation du projet du début à la fin.

Par ailleurs, le superviseur ainsi que le chef de service s'accordaient pour dire que l'amélioration se situait entre 21 et 50 %.

Excepté le chef d'équipe, seul un opérateur a quantifié l'amélioration du temps de cycle. Ce dernier a indiqué qu'elle était de l'ordre de 11 à 20 %.

Les résultats des entretiens nous ont permis de mettre en évidence un écart relié à l'évaluation des améliorations du temps de cycle. Cet écart se justifie par le fait que les répondants ne se souvenaient pas de la mesure du temps de cycle en préimplantation.

Concernant l'amélioration des inventaires, quatre répondants sur neuf affirmaient que la quantité de matière première a été réduite d'environ 50 %. Ces répondants sont principalement des gestionnaires et le chef d'équipe production.

Par ailleurs, deux répondants sur neuf considèrent qu'il y a parfois de l'accumulation de la matière sur le plancher et que l'amélioration se situe entre 11 et 20 %. Ces répondants sont principalement des employés de production. Le Tableau 5.11 illustre ces résultats.

Tableau 5.11 : Les résultats d'amélioration des inventaires

	Fréquence
Réduction entre 11-20 %	2
Réduction entre 21-50 %,	4
Réduction de plus de 75 %	1
Total	7
Non-répondu / Ne sais pas	2
Total	9

L'ensemble des répondants a indiqué une réduction du niveau des inventaires (100 %). Tous s'entendaient pour dire qu'avant l'implantation du projet, la quantité de matière et de pièces accumulées sur le plancher de production était importante.

5.5.3.3 L'amélioration de la qualité des pièces produites

Les résultats recueillis par rapport à l'amélioration de la qualité des pièces produites ont été variés. Seuls deux employés de production et un gestionnaire ont indiqué une amélioration de la qualité des pièces produites, alors que la plupart ont indiqué qu'il n'y en avait pas eu ou qu'ils n'avaient pas de données qui mesuraient la qualité des pièces en lien avec le projet.

« La disponibilité des outils, le 5S et la gestion visuelle améliorent la qualité des pièces produites. Aussi, le fait que les employés font moins de manipulations de pièces »
Chef de service production.

« On reçoit la matière au bon emplacement, il y a moins de risque d'erreur pour les opérateurs. »

Employés de production.

Les gestionnaires ont indiqué que l'objectif principal du projet est d'améliorer les flux de production du centre d'usinage, de minimiser la manutention et d'augmenter la productivité. Ils considèrent que les machines d'usinage produisaient déjà des pièces de qualité et que le projet n'a pas eu d'impact sur la qualité.

5.5.3.4 L'amélioration de la polyvalence des employés

La plupart des répondants (huit sur neuf) ont indiqué une amélioration de la polyvalence des employés de production.

« Le flux visuel de la cellule a forcé la polyvalence, cela devient naturel quand les employés voient de l'accumulation des pièces au poste secondaire, ils vont naturellement aider les autres employés. Les objectifs du temps de cycle sont connus et affichés, les employés se *challengent* beaucoup pour atteindre les objectifs. » Directeur de production.

Le chef de l'équipe de production est en charge de suivre et de mettre à jour la charte de polyvalence qui indique le calendrier de travail des employés entre le centre d'usinage et le poste secondaire. La charte calcule le taux de polyvalence des employés. L'indicateur est calculé mensuellement et est suivi auprès des gestionnaires.

5.5.4 L'approche Lean utilisée

Seuls deux gestionnaires, deux employés de production et le conseiller en santé et sécurité ont indiqué savoir que l'approche utilisée est une approche Lean. Ces répondants ont indiqué avoir déjà entendu parler du Lean dans l'organisation.

Par ailleurs, quatre répondants (il s'agit principalement d'employés de production) ont déclaré ne pas savoir ce qu'est une approche Lean et n'avaient jamais entendu parler du Lean dans l'organisation.

Seuls trois répondants sur neuf ont indiqué avoir reçu une formation Lean dans le cadre du projet. Le nombre d'heures de formation varie entre une heure et sept heures. Seulement deux répondants ont pu évaluer le nombre d'heures de formation.

La plupart des répondants ont indiqué qu'il y a eu un atelier 3P qui a été effectué dans le cadre du projet mais qu'ils ne se souvenaient plus si une formation avait été donnée ou non.

La définition de l'approche Lean varie selon le profil du répondant. Un consensus existe toutefois autour du travail d'équipe, de l'optimisation du temps de cycle et du flux visuel.

« Optimiser les opérations à valeur ajoutée en privilégiant un flux tiré, uniforme, visuel et avec le moins d'interférences possibles tout en éliminant le plus possible les activités sans valeur ajoutée et le gaspillage sous toutes ses formes. » Conseiller en santé sécurité.

« Flux tiré, flux de travail optimisé de la matière et de la main-d'œuvre. » Directeur de production.

« Temps de cycle optimal, bon système manufacturier et bonne coordination entre les intervenants. » Superviseur de production.

5.5.5 Concepts Lean communs

La majorité des répondants ont relevé l'existence des six concepts Lean dans le centre d'usinage. Le Tableau 5.12 illustre les résultats des questionnaires autour des six concepts Lean communs.

La plupart des répondants ont indiqué que l'outil Andon a été mis en place mais ne donne pas de résultats satisfaisants. Les employés de production ont mentionné :

« Ça ne fonctionne pas. »; « C'est fini, on s'en sert plus. »; « Il a fonctionné juste un mois et demi; ensuite, c'est tombé à l'eau. »; « Ça ne fonctionne plus depuis un certain temps. »
Employés de production.

Tableau 5.12 : Les concepts Lean communs mis en place

Concepts Lean	Outils	Fréquence
Élimination des gaspillages	L'analyse de la valeur et l'élimination des gaspillages	6
	La cartographie de la chaîne de valeur (VSM)	7
Juste-à-temps	Le flux tiré	5
	Le flux pièce à pièce « One Piece Flow »	8
	L'optimisation des temps de mise en route (<i>set-up</i>)	7
	L'ordonnancement et le nivellement du volume de production	9
Qualité totale	Le travail standardisé	8
	Le dispositif anti-erreur « Poka-Yoké »	7
	La maintenance préventive « TPM »	9
	L'analyse des causes racines	9
	Andon	9
Gestion visuelle	Les indicateurs du tableau de bord	9
	Le 5S	8
Développement humain	La polyvalence des employés	9
	La prévention de la santé et sécurité des employés	9
	Total	9

La plupart des répondants ont indiqué l'existence de quatre outils et concepts supplémentaires associés au Lean qui ont été mis en place dans le centre d'usinage. Le Tableau 5.13 récapitule ces outils.

Tableau 5.13 : Autres outils et concepts mis en place

Concepts	Description de l'outil
PCS : Process Control System	C'est un outil d'audit des lieux de travail qui inclut à la fois le 5S, la santé et la sécurité des lieux, la disponibilité et l'utilisation des outils manuels ainsi que l'audit des indicateurs du tableau de bord équilibré. Chaque matin, chaque employé effectue l'audit à l'aide d'une liste de vérification.
CSSL : Comité de santé sécurité local	Prévention de la santé et sécurité en impliquant les employés du centre d'usinage. Le comité se réunit une fois par mois.
CLAQ : Comité local de l'amélioration de la qualité	C'est un comité composé d'employés de plusieurs fonctions telles que la qualité, les méthodes et la production. Le comité se réunit une fois par semaine. Les enjeux qualité sont suivis et discutés dans ce comité.
SAE : Système Atteindre l'Excellence	C'est le programme d'amélioration continue de l'entreprise.

5.5.6 La participation au projet et la communication

Six sur neuf des répondants interrogés ont indiqué avoir fait partie de l'équipe de projet. Seulement le directeur de production et deux employés de production ont déclaré ne pas avoir fait partie de l'équipe de projet. Ces répondants ont par contre été consultés lors du projet et ont participé aux différentes communications.

En général, les répondants étaient assez motivés ou très motivés au début, tout au long et à la fin du projet.

Toutefois, certains employés de production ont indiqué avoir été peu motivés au début du projet. Le manque de confiance dans la réalisation d'un tel projet d'envergure et en l'organisation pour le mener à terme a créé une certaine résistance au changement.

« J'étais peu satisfait au départ parce que j'avais entendu par le passé et par les autres employés que les projets ne se rendaient pas à terme. J'avais des craintes. Tout au long du projet, j'étais très motivé car je me rendais compte que ça avançait et on pouvait avoir des améliorations réelles. À la fin, j'étais très motivé car j'étais confiant de voir la réalisation. »
Employés de production.

« Au début, j'étais peu motivé. Dès que j'ai compris ce qu'on faisait, ma motivation a changé. Si on faisait le même projet aujourd'hui, je serais le premier au front. » Superviseur de production.

« À la fin, j'étais très motivé quand j'ai vu l'implication de toutes les personnes pour changer la mentalité et faire aboutir le projet. » Employés de production.

La Figure 5.10 illustre l'évolution du niveau de motivation des participants au projet Lean du centre d'usinage.

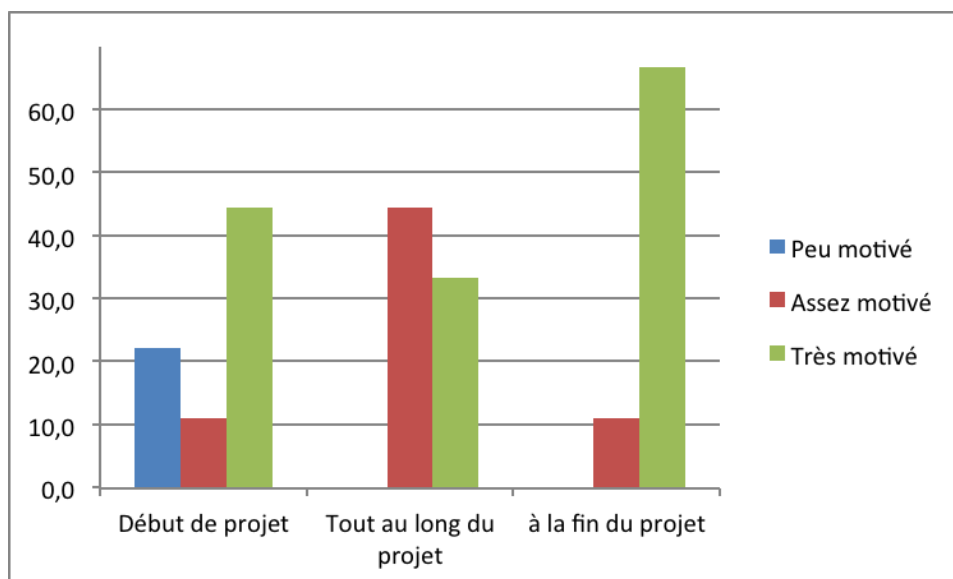


Figure 5.10 : Évolution du niveau de motivation des participants au projet Lean (en pourcentage)

La plupart des employés étaient impliqués dans la réalisation du projet. Toutefois, un employé de soir a estimé qu'il y avait un manque d'implication des employés de soir et de nuit.

« Quand on part ce genre de projet, il ne faut pas oublier l'équipe de soir et de nuit. Le quart de soir ne vit pas la même réalité que le quart de jour. La communication prend du temps avant de se rendre au quart de soir, au début c'était ambigu, on a manqué de communication et de support. » Employés de production.

La Figure 5.11 montre le niveau de soutien et d'implication des employés dans le projet.

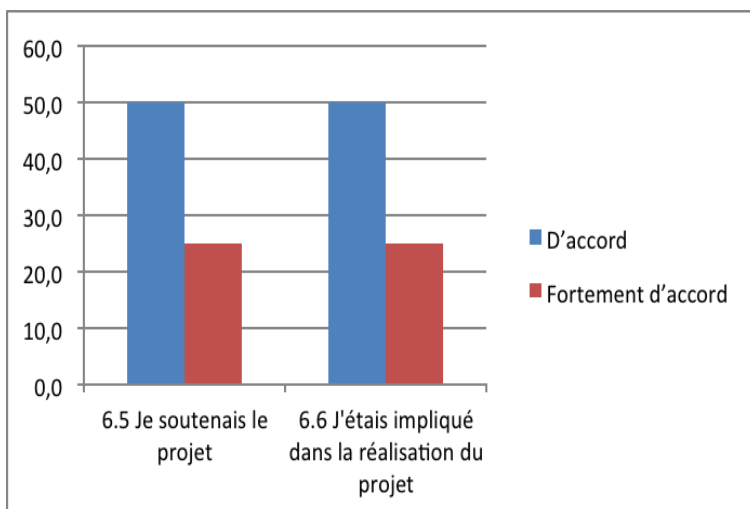


Figure 5.11 : Niveau d'implication des employés dans le projet

En ce qui concerne la communication au sujet du projet, la plupart des employés ont indiqué que le projet était clairement présenté du début jusqu'à la fin.

La Figure 5.12 illustre les résultats des questionnaires.

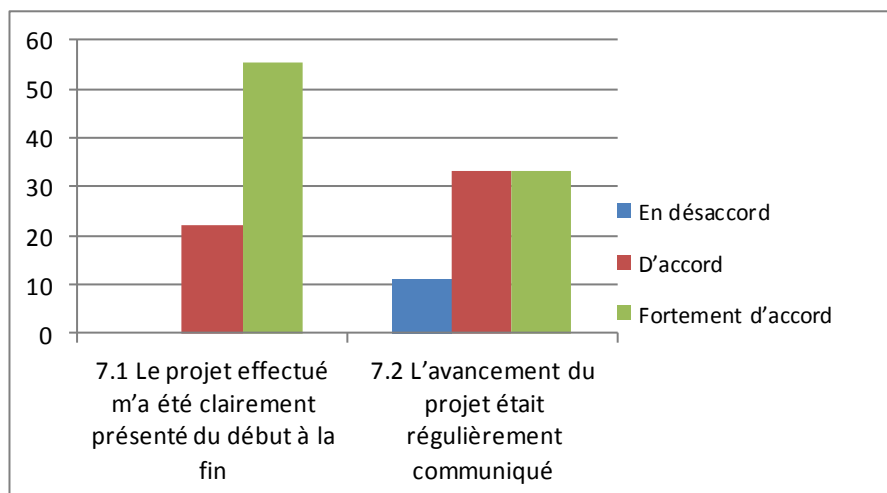


Figure 5.12 : La communication du projet

5.5.7 Le soutien des gestionnaires et de la direction

L'organisation a renforcé la communication auprès des employés afin de pallier la résistance aux changements. La direction était impliquée activement dans ces communications et dans la réalisation du projet. Le Figure 5.13 illustre les résultats des répondants par rapport à l'implication de la direction et des gestionnaires.

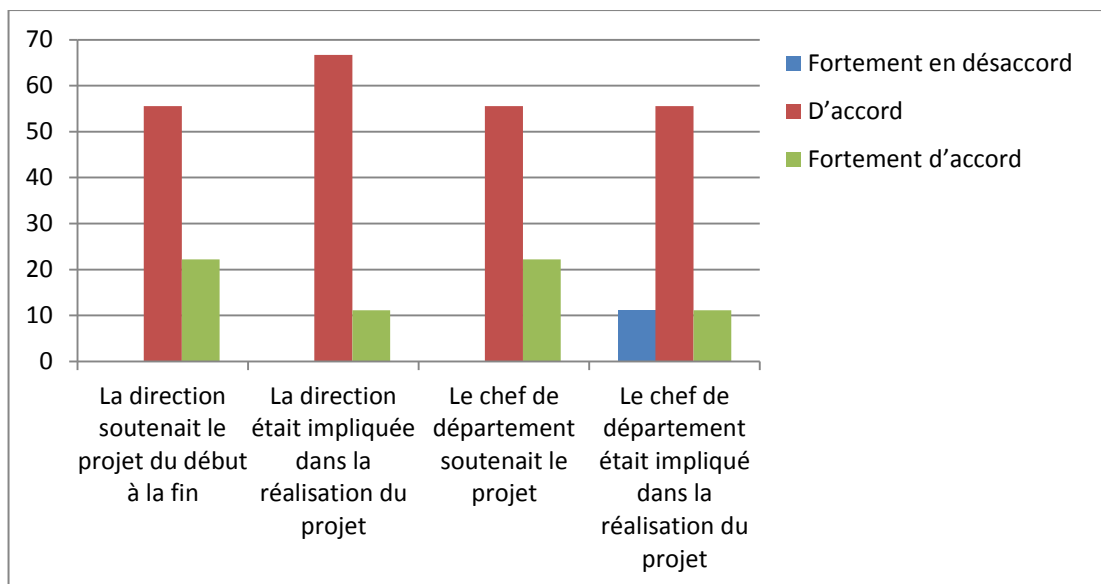


Figure 5.13 : Niveau d'implication de la direction et des gestionnaires

5.5.8 L'impact du projet et les facteurs de succès

La plupart des répondants ont indiqué que le projet était un succès. Tous les employés disaient avoir constaté des améliorations en lien avec la qualité de leur travail. Les entretiens avec les employés de production nous ont permis de constater que les employés étaient fiers de leur environnement de travail.

« Les opérations secondaires ne sont pas ma formation d'origine, mais depuis le projet, j'ai des personnes qui m'encadrent, et à chaque fois que j'ai besoin d'aide, ces personnes sont présentes pour répondre à mes questions. La documentation est disponible. » Employés de production.

« C'est plus agréable à travailler. » Employés de production.

« Les employés respectent la polyvalence. C'est le chef d'équipe qui s'assure du roulement des employés à l'aide d'une matrice, mais souvent les employés n'ont pas besoin d'encadrement. Ils demandent par eux-mêmes de changer de poste de travail. » Directeur de production.

« Les employés suivent un système FIFO sur toute la ligne de production. » Chef de service production.

Concernant les concepts Lean mis en place, la mise en place du TPM a amélioré considérablement la fiabilité des machines.

« Meilleure planification, cela nous aide à avoir une régularité au niveau de la fiabilité des machines. Depuis le TPM, les machines sont rarement arrêtées. » Employés de production.

Pour ce qui est de la mise en place du flux tiré, quelques opérateurs et gestionnaires ont constaté que le nouvel aménagement de la cellule force les opérateurs à respecter l'ordonnancement des pièces sur le convoyeur de pièces mis en place.

« Les employés respectent l'ordonnancement. Avant, ils choisissaient les pièces et décidaient des priorités, plus maintenant. » Directeur de production.

Malgré le succès du projet, certains impacts négatifs ont été soulevés par les répondants. Toutefois, beaucoup d'entre eux disaient ne pas voir des impacts négatifs du projet :

« Frustrations de certaines personnes parce qu'elles n'étaient pas toutes impliquées dans le projet et par rapport aux changements de leurs méthodes de travail. » Employés de production.

« Insécurité des gens face aux changements mais avec une bonne communication, on arrive à la contrer. » Chef de service production.

Finalement, la mise en place du flux tiré et l'ajustement de la quantité des matières en fonction des besoins du centre d'usinage a généré quelques impacts négatifs selon quelques opérateurs. Ces impacts sont en lien avec le manque de matière à envoyer sur les machines.

« Parfois on manque de matière première pour compléter notre quart de travail, les machines arrêtent et on est transféré sur d'autres postes. La logistique nous envoie juste le requis en fonction des postes d'assemblage. » Employés de production.

Concernant les facteurs de succès du projet, la plupart des répondants s'entendent pour dire que l'implication des employés de production et des parties prenantes a fait du projet un succès :

« L'implication de plusieurs équipes dont les employés de production. » Employés de production.

« Équipe de projet dédiée par la direction. » Directeur de production.

La communication et la disponibilité du budget pour réaliser le projet constituaient le deuxième facteur de succès relevé par les répondants :

« Communication, entraide et travail d'équipe. » Employés de production.

« Suivi et *leadership*. » Chef de service

« Disponibilité des fonds d'investissement. Souvent, on a de bonnes idées, mais pas les moyens pour les réaliser. » Chef de service

La plupart des répondants n'ont pas indiqué de facteurs d'insuccès du projet. Certains d'entre eux ont toutefois mentionné que certains livrables du projet n'ont pas été implantés pour des raisons budgétaires.

« Quelques idées telles que l'installation d'un système Laser n'ont pas été implantées et qui faisaient partie du mandat initial du projet. » Employés de production.

D'autres ont relevé la gestion de changement aux nouveaux employés qui n'ont pas été impliqués dans le projet.

« La communication est toujours plus difficile avec les autres employés non impliqués par les ateliers et les consultations. De plus, avec le mouvement de personnel, les nouveaux employés affectés à la cellule ne sont pas toujours bien informés des raisons de certains aménagements. » Conseiller en santé sécurité.

CHAPITRE 6 DISCUSSIONS ET RECOMMANDATIONS

La première partie de ce chapitre est consacrée à la discussion autour des résultats obtenus dans le cadre du projet et de la contribution théorique de la recherche scientifique. La deuxième partie en présente la contribution pratique ainsi que les limites atteintes par cette recherche.

6.1.1 Impacts positifs de la démarche Lean

6.1.1.1 Bénéfices opérationnels

Les bénéfices opérationnels constatés suite à l'implantation du projet Lean ont été obtenus tout d'abord par l'étudiante-chercheuse suite aux observations sur le plancher de production, ensuite par une évaluation auprès des employés de production et des répondants interrogés lors des entretiens à l'aide d'un questionnaire.

Ces bénéfices concernent tout d'abord la réduction des temps de cycle constatée par les résultats des observations (réduction de 51 %) et celle constatée par les répondants (réduction entre 21 et 50 % et plus de 75 %). La réduction du temps de cycle est le résultat de l'élimination des opérations à non-valeur ajoutées telles que la recherche de matière première et la manipulation.

Même si la réduction des temps de cycle rapportés varie selon le profil du répondant, il convient de remarquer que la réduction du temps de cycle a été rapportée par la majorité des répondants et des employés de production. Nous avons constaté qu'il était difficile de quantifier ce gain après deux ans en postimplantation vu qu'il n'y avait pas de données affichées et connues par les répondants reflétant l'évolution du temps de cycle avant l'implantation du projet. Seuls le chef d'équipe et un opérateur ont pu quantifier l'amélioration du temps de cycle. Ce dernier a indiqué qu'elle était de l'ordre de 11 à 20 %.

Cette évolution devrait inclure le temps de cycle avant l'implantation du projet jusqu'aujourd'hui. Des recommandations en lien avec ce dernier point seront émises vers la fin de ce chapitre. Ces recommandations permettraient d'augmenter l'importance du maintien des bénéfices du projet auprès des employés, de mieux intégrer les nouveaux et de faire connaître les gains par tout le monde.

Par ailleurs, d'autres bénéfices ont été constatés. Ils concernent la réduction du coût de produit obtenus à l'aide des observations sur le plancher de production (réduction de 70 %).

Des bénéfices opérationnels semblables aux résultats observés dans cette recherche ont aussi été rapportés par la littérature. De manière générale, dans le secteur manufacturier, les améliorations citées ci-haut sont de l'ordre de 50 % à 90 % (Kilpatrick, 2003; Shah & Ward, 2007). De manière spécifique, dans le secteur de l'aéronautique tels que chez Boeing ou Airbus, les améliorations les plus citées dans la littérature sont en rapport avec le temps de cycle et les coûts de produit. Ils sont de l'ordre de 30 % à 60 % (Subhadra, 2003; Gardner, 2009).

6.1.1.2 Bénéfices humains

En plus des bénéfices opérationnels, notre recherche a mis en évidence un bénéfice humain important : l'amélioration de la polyvalence des employés.

Tous les employés de production et les participants interrogés s'accordaient pour dire qu'il y a eu une amélioration considérable de la polyvalence des employés.

Le nouvel aménagement de la cellule en flux continu à l'aide des convoyeurs nécessite que les employés de production soient polyvalents pour chacun des postes de montage et des postes secondaires. Le chef d'équipe veille à ce que la polyvalence soit maintenue. Ce dernier suit une matrice de polyvalence, la communique, et il s'assure à chaque étape que tous les employés soient polyvalents.

La matrice de polyvalence consiste à créer une rotation entre les employés des stations de montage et les employés des postes secondaires. La matrice est mise à jour de façon hebdomadaire. Le chef de groupe s'assure que l'ensemble des employés travaillent chacun à son tour dans les deux postes de manière égale. Par exemple, pour cinq employés travaillant de jour, chacun d'eux doit travailler environ quatre fois par mois au poste secondaire.

Le nouvel aménagement, les formations données aux employés suite aux projets, l'encadrement, ainsi que leurs implications ont fortement aidé à l'amélioration de la polyvalence. Ces résultats sont en accord avec plusieurs chercheurs qui considèrent que l'implication des employés au cœur de la démarche Lean est un atout non négligeable (Baglin & Capraro, 1999; Liker, 2004; Ohno, 1998; Womack & Jones, 2005).

Par ailleurs, l'entreprise porte une attention particulière à la polyvalence des employés. En effet, l'indicateur de polyvalence est suivi dans le levier opérationnel du tableau de bord de l'entreprise en général, et dans le centre d'usinage en particulier. La matrice de polyvalence est affichée sur le tableau de bord.

D'ailleurs, les résultats de l'entretien avec le chef de groupe tels que présentés précédemment dans le chapitre des résultats mettent bien en évidence le niveau d'engagement des employés envers cette démarche. Les employés sont arrivés à maintenir naturellement cette polyvalence.

Il convient enfin de remarquer que la qualité des pièces produites n'a pas été améliorée par la démarche Lean. Étant donné le niveau d'automatisation du processus visé par la démarche Lean, le mandat du projet avait pour objectif principal l'optimisation des flux et de la productivité. Le résultat des entretiens ainsi que la liste de vérifications viennent d'ailleurs appuyer ce constat.

6.1.1.3 Niveau de maturité des concepts Lean

Notre recherche a mis en évidence une forte intégration des concepts Lean communs mesurés en préimplantation, six mois et deux ans en postimplantation (l'optimisation du flux pièce à pièce, les pertes de temps et les gaspillages et l'identification des zones de travail). Toutefois, notre recherche a montré que le niveau de maturité de quelques concepts n'a pas évolué suite à l'implantation du projet (l'optimisation des temps de mise en route; le programme d'amélioration continue; l'affichage visuel et tout ce qui concerne la santé et la sécurité). Finalement, aucun constat de détérioration du niveau de la maturité des concepts mesurés n'a été identifié dans notre recherche.

Notons que sur les six concepts Lean communs les plus cités par la littérature et qui composent la liste de vérification sont majoritairement intégrés dans le centre d'usinage. Les niveaux de maturité des concepts mesuré deux ans en postimplantation varient entre un score de 3 à 5 (l'élimination des sources de gaspillages : 4 à 5; le juste-à-temps : 3 à 4; l'amélioration continue : 4; la qualité totale : 4 à 5; la gestion visuelle : 4 à 5 et le développement humain : 5).

Le Lean repose sur l'implication importante des employés allant du management jusqu'aux opérateurs de production. (Liker, 2004; Masaaki, 1986; Ohno, 1998). Bien que la plupart des outils soient fortement intégrés dans le centre d'usinage, notre recherche a montré qu'il existe quelques freins liés à l'intégration de l'outil Andon.

Les entretiens effectués avec les employés ont révélé que les parties prenantes au projet, principalement l'équipe de maintenance, étaient moins impliquées dans le déploiement et que le taux de support était plus faible que les autres outils implantés. Les répondants justifiaient ce frein par le manque de temps des équipes de support. Ces résultats viennent donc appuyer notre constat cité plus haut et aussi observé par plusieurs chercheurs : Le manque de soutien et d'implication est un des facteurs d'insuccès d'un projet Lean (Alarçon, Calderon, Diethelm & Rojo, 2008).

Notre recherche nous a permis de mettre en évidence une forte intégration des principes Lean communs. L'implication des gestionnaires et des employés de production dans cette démarche a facilité cette intégration et a aidé le maintien de ces concepts au cours des trois années de collecte de données dans le centre d'usinage. Les résultats des entretiens avec les employés de production viennent appuyer ces constats. Il est à noter que le niveau d'implication des employés et des gestionnaires a été mesuré par l'étudiante-chercheuse à l'aide des observations sur le plancher de production, de l'assistance aux réunions de projets, et des entretiens avec les répondants de cette recherche.

6.1.1.4 Connaissances du Lean

La majorité des employés interrogés connaissaient les grands principes du Lean Manufacturing. Par contre, certains d'entre eux n'étaient pas en mesure de l'associer au projet implanté dans le centre d'usinage.

Les entretiens avec les gestionnaires ont par ailleurs révélé qu'une formation d'introduction au Lean avait été donnée par le spécialiste Lean à la plupart des participants du projet, incluant les employés de production, les parties prenantes et les gestionnaires.

Les entretiens avec les employés nous amènent à constater que ces derniers sont familiers avec les concepts mis en place mais ne l'associent pas nécessairement à la démarche Lean. En revanche, la plupart s'entendaient pour dire que depuis l'implantation du projet, plusieurs formations avaient été données aux employés. Ces formations sont en lien avec les méthodes de travail, les outils du Système Atteindre l'Excellence comme la résolution de problème et le TPM. La formation des employés contribue à favoriser l'appropriation du Lean.

Néanmoins, les entretiens avec le chef d'équipe ont permis de constater le manque de formation concernant le déploiement du projet Andon. Ce constat vient justifier les commentaires relatifs à l'insuccès de ce projet.

Par ailleurs, les employés reçoivent du *coaching* en continu de la part du *coach* SAE. En effet, lors des observations et des visites sur le plancher de production, nous avons constaté la présence du *coach* SAE dans les réunions journalières des employés de production, des superviseurs et du chef de service. Le *coach* s'assure de l'intégration des outils SAE, d'accompagner la cellule dans le processus de certification et de fournir du *coaching* en continu pour les employés et les gestionnaires.

En outre, les entretiens avec le directeur de production nous ont permis de comprendre plus en profondeur l'importance de la formation et du *coaching*. Le directeur mentionnait que dans le cadre du projet et suite à la mise en place du nouvel aménagement, un groupe d'amélioration continue a été mandaté dans un projet de transformation durant une période de trois mois à temps plein (Guenard, 2014)

L'équipe était composée d'un *coach* SAE, de deux agents de transformation, d'un chargé de projet de gestion visuelle et standardisation, d'un programmeur, et d'un chargé de projet de l'organisation des lieux de travail. Le groupe d'amélioration continue avait pour objectif de :

- établir un processus standard sur toutes les activités suite au nouvel aménagement afin de maintenir une fluidité dans la cellule et de s'assurer de la compréhension de tous les services tels que la maintenance, la logistique et le transport
- mettre en place un modèle organisationnel basé sur le discours de performance, le *coaching* des superviseurs et des chefs d'équipe
- avoir une gestion visuelle qui permette de prendre les bonnes décisions pour la fluidité de la cellule.

Ce constat rejoint celui fait par différents auteurs qui ont mentionné que l'encadrement, la formation, le *coaching* ainsi que l'implication du management sont au cœur de la démarche Lean (Baglin & Capraro, 1999; Ohno, 1998; Womack & Jones, 2005).

En ce qui concerne le manque de connaissance du Lean constaté lors des entretiens avec les employés de production, la revue de littérature a révélé que le manque de connaissance du Lean

constitue un frein à cette démarche et nuit à son implantation. Les employés semblaient connaître et reconnaître les outils du Lean, même s'ils ne les associent pas au nom Lean. Ainsi, la formation et le *coaching* leur donnent les outils dont ils ont besoin pour améliorer les processus, ce qui est le but principal de la démarche. Nous serons portés à juger que le fait qu'ils n'associent pas ces outils au Lean est peut-être le résultat de la norme SAE que Bombardier a donné à son programme d'amélioration continue. Les employés entendent rarement parler du Lean mais plutôt du programme SAE.

En somme, ne pas connaître le nom *Lean* ne constitue pas un frein à la démarche car il est plus important de connaître le contenu que le nom.

6.1.2 Impacts négatifs de la démarche Lean

Les entretiens avec les employés ont révélé quelques impacts négatifs suite à l'implantation de la démarche Lean.

L'impact négatif le plus cité par les employés est le niveau de confiance de ces derniers par rapport au maintien des améliorations mises en place. La réduction des niveaux des stocks considérés dans le Lean comme source de gaspillage nécessitent un niveau de support important des fonctions comme la logistique, qui doit s'ajuster à la demande de production de façon régulière. Cette amélioration pousse les employés à être vigilants mais craintifs face aux différentes problématiques qui peuvent apparaître.

Les observations effectuées six mois en posimplantation ont aussi révélé un dysfonctionnement dans le niveau des stocks intermédiaires. Les résultats des entretiens deux ans après l'implantation du projet viennent confirmer ces impacts. Nos résultats nous amènent donc à conclure que les améliorations mises en place nécessitent davantage d'être travaillées.

Par ailleurs, il est important de revenir sur un impact négatif soulevé par quelques employés et présenté dans les résultats. Cet impact est en lien avec la quantité de matière première disponible pour les machines. Les employés mentionnaient que les machines étaient parfois arrêtées par manque de matières. Ils mentionnaient également, que le département de la logistique ne commandait que la quantité juste nécessaire selon le requis journalier. Par conséquent, les machines étaient arrêtées et les employés réaffectés dans d'autres départements.

Ces résultats nous ont permis de faire un lien avec le résultat de l'évolution du niveau de maturité du deuxième concept Lean commun, soit le juste à temps et spécifiquement la pratique 2.2 de la liste de vérification présentée dans le Tableau 6.1.

Tableau 6.1 : Évaluation du niveau de maturité du concept du flux-tiré, pratique : gestion des stocks

2.2 La gestion des stocks en fonction de la demande du client Le client est le centre d'usinage. Le fournisseur étant le fournisseur de matière première. Les commandes sont lancées par le département de la logistique. Le client du centre d'usinage est la prochaine étape du processus				1	2	3
1	I	Inexistant	Les commandes de fabrication sont lancées suivant la planification prévisionnelle de la production sans tenir compte de la capacité réelle du client			
2	E	Existant	La planification de la production est parfois effectuée en fonction de la demande du centre d'usinage. Beaucoup de stocks de matière première est présent sur le plancher de production	2		
3	M	Méthode	La planification de la production est effectuée seulement en fonction de la demande (capacité) du centre d'usinage. La quantité de stocks de matière/pièce est constante entre chaque étape du processus.		3	
4	S	Systématique	La planification de production suit la demande du client, en cas d'arrêt de production, la quantité des stocks est ajustée par le département de la logistique et le lancement de la commande est retardé. (Exemple: la quantité de matière diminue lorsque les machines sont en arrêts de maintenance)			4
5	E	Exemplarité	La planification de production suit la demande du client, les commandes sont gérés directement par le fournisseur de matière première. Le lancement des commandes du centre d'usine tient compte de la demande réelle de son client (prochaine étape du processus). PDCA mis en place			

Il est clair que le niveau de maturité a évolué depuis la mise en place du flux tiré et le projet Lean. Dans la littérature, l'ajustement des stocks est un impératif à la réussite de la mise en place du flux tiré (Liker, 2004). Tel que rapporté par Liker (2004), l'entreprise devrait être en mesure de reporter ou de devancer ses commandes de production en fonction de la demande du client. Concernant le centre d'usinage et en accord avec la littérature, la direction a pris comme orientation d'arrêter les machines et ne pas produire juste pour stocker.

Ces discussions nous amènent à juger que ce résultat devrait être un impact positif et non négatif vu qu'il répond exactement à la condition de succès du flux tiré. Or, dans notre recherche les employés l'ont rapporté comme un impact négatif. Par conséquent, ce constat nous amène à dire qu'il y a eu une lacune par rapport à la compréhension de l'objectif du flux tiré par certains des employés. Des recommandations seront énoncées à la fin de ce chapitre en lien avec ce constat.

Pour finir cette section, les entretiens avec les employés ainsi que les observations ont révélé une amélioration du moral des employés et de leurs conditions de travail. Cela rejoint le constat

de certains auteurs qui notent des améliorations semblables sur les travailleurs (Baglin & Capraro, 1999; Ballé, 2004).

6.1.3 Facteurs de succès

6.1.3.1 Implication des employés de production et soutien de la direction

La présente recherche a permis d'identifier plusieurs facteurs clés de réussite exposés dans la littérature. Une des clés de réussite du projet Lean est l'implication des employés de production dans toutes les étapes du projet. La participation des employés de production a facilité la gestion de changement et a permis de réduire la résistance au changement des employés qui n'ont pas été impliqués. Il est important de rappeler, conformément aux résultats rapportés dans cette recherche, que certains des employés et même des gestionnaires étaient peu motivés au début du projet par le manque de confiance dans les résultats attendus par le projet.

L'entretien avec le directeur de production nous a permis de comprendre davantage l'origine de cette résistance aux changements. Il faut rappeler qu'avant le projet, les opérateurs de production assignés aux stations de montage avaient un statut informel supérieur à celui des opérateurs des postes secondaires. Ce statut date de l'ancienne définition du machiniste (opérateur assigné aux machines) qui n'existe plus depuis plusieurs années déjà. Ce statut a créé un sentiment de supériorité informel qui amenait certains opérateurs de la station de montage à refuser d'effectuer des opérations secondaires (Guenard, 2014).

Les résultats obtenus dans la section consacrée à la polyvalence des employés ainsi que l'évolution du niveau de motivation des employés témoignent de l'intégration adéquate de la gestion de changement dans le cadre du projet.

Par ailleurs, suivant les commentaires du directeur de production, la résistance aux changements est due au fait que plusieurs projets dans l'usine n'ont pas connu beaucoup de succès. C'est par la mise en place d'une équipe dédiée, le *leadership* des gestionnaires et leur implication, sans oublier le *coaching* des employés que le projet du centre d'usinage est une réussite. Ce constat rejoint celui fait par Boeing. En effet, un des défis majeurs auxquels a fait face Boeing lors de l'implantation de l'approche Lean Manufacturing était la résistance aux changements par ses employés. Ayant assisté à des échecs de l'entreprise lors de plusieurs

tentatives d'implantation d'outils Lean, les employés ont été sceptiques à adhérer de nouveau à ce concept (Subhadra, 2003). Notre recherche l'a montré.

De plus, une étude effectuée par Capgemini Consulting auprès de 150 cadres dirigeants en charge des initiatives Lean dans leur entreprise a mis en évidence les défis d'une implantation d'une démarche Lean. L'enquête a montré que près de la moitié des cadres de l'entreprise interrogés ont placé la résistance aux changements comme défi numéro un d'une implantation Lean

Problèmes clés empêchant ou ralentissant la mise en place d'un programme Lean durable



Figure 6.1 : Défis du Lean selon l'enquête de Capgemini (Capgemini, 2010).

Par ailleurs, l'analyse des programmes Lean dans le cadre de cette étude a permis d'identifier quatre principales caractéristiques pour contrer la résistance au changement (Capgemini, 2010) :

- *leadership* : implique l'implication des *leaders* de tout niveau
- reconnaissance : consiste à mettre en place des ressources ayant une bonne connaissance du Lean afin de développer la culture de l'entreprise et d'envoyer un message positif sur l'importance du Lean. Ces ressources agissent en tant qu'acteurs du changement et sont dédiés au projet.
- alignement stratégique : consiste à associer les objectifs de la démarche à la vision et la stratégie de l'entreprise.

- management des performances : consiste à rendre viables à long terme la démarche et les gains de la démarche.

L'enquête a montré que le défi principal pour réussir une démarche Lean est de garantir sa longévité (Capgemini, 2010). Selon le directeur de production du centre d'usinage, tout projet qui requiert du maintien humain, comme par exemple des procédures de travail, comporte des risques de non-longévité. Toutefois, dans le cadre du projet du centre d'usinage, le dispositif technique mis en place force le comportement humain, par conséquent, le comportement humain attendu va se produire de façon systématique étant donné que c'est le dispositif qui le demande (Guenard, 2014). Finalement, ce constat vient appuyer les résultats obtenus lors des entretiens avec les opérateurs de production. Ces derniers rapportaient que depuis la mise en place du projet, l'ordonnancement des pièces était respecté par l'ensemble des employés.

Dans la littérature, nous avons fait le lien avec la mise en place des lignes en mouvement, en particulier dans l'industrie aéronautique, dans notre revue de littérature (Bombardier, Airbus, Boeing). En effet, la ligne en mouvement force à créer le sentiment d'urgence auprès des employés. En revanche, il y a clairement un manque de données concernant le lien entre la longévité du Lean et les lignes en mouvement ou les infrastructures rigides.

L'entretien avec le chef d'équipe de soir vient en outre confirmer que les employés du quart de soir et de nuit n'étaient pas autant impliqués que ceux du quart de jour. Par ailleurs, les gestionnaires reconnaissent ce constat et s'entendent pour dire qu'il y a eu une forte communication à tous les employés de production afin de contrer ce frein. L'implication de l'ensemble des employés est une des clés de réussite d'une démarche Lean (Baglin & Capraro, 1999; Liker, 2004; Womack & Jones, 2005).

L'autre grande réussite du projet repose sur le *leadership* des gestionnaires et des directeurs. Ce constat vient appuyer les points de vue de plusieurs chercheurs (Alarçon, Calderon, Diethelm & Rojo, 2008; Baglin & Capraro, 1999; Womack & Jones, 2005). Les résultats de l'évolution du niveau de motivation obtenus à partir des entretiens viennent appuyer ce constat.

Enfin, les principaux facteurs de succès de l'implantation Lean du centre d'usinage sont résumés dans la Figure 6.2.



Figure 6.2 : Facteurs de succès du projet Lean du centre d'usinage

6.1.4 Recommandations

Les recommandations suivantes ont été émises par l'étudiante-chercheuse suite aux discussions et à l'interprétation des résultats :

- Affichage de l'évolution de l'indicateur du temps de cycle;
- Affichage des procédures de travail montrant les postures contraignantes à éviter suivant les pratiques sécuritaires recommandées lors de l'analyse en préimplantation;
- Formation des nouveaux employés sur les pratiques sécuritaires lors des opérations de montage;
- Formation des employés sur les principes du flux tiré.
- Mise en place d'un flux contrôlé (tiré ou poussé contrôlé) entre le centre d'usinage et son client;
- Investigation autour d'une solution qui permette de minimiser le risque des manipulations des pièces en attente d'un autre cycle d'usinage.

6.1.5 Contribution théorique et pratique

La présente recherche vient apporter une valeur ajoutée pour la littérature scientifique. Elle a fourni une évaluation d'une démarche d'implantation Lean Manufacturing appliquée à un centre d'usinage d'une entreprise aéronautique. La recherche a mis en évidence les bénéfices opérationnels et humains de l'implantation ainsi que les facteurs de succès et les impacts négatifs de cette démarche. Elle a aussi permis d'émettre certaines recommandations présentées dans les sections ci-dessus.

Ce projet tire son originalité dans le déroulement de sa recherche conduite dans l'environnement de travail de l'étudiante-chercheuse. La disponibilité des données a facilité grandement le déroulement de la recherche qui s'est échelonnée sur une durée de quatre ans. Ces éléments s'avèrent cruciaux; En effet, la littérature ne fournit pas de détails sur les recherches menées à l'intérieur d'entreprises et incluant de plus, des évaluations à la fois quantitatives et qualitatives, s'échelonnant sur une période aussi longue. Notre recherche vient donc combler une lacune importante.

Finalement, la méthodologie mise en place pour l'étude de cas a permis l'utilisation de nombreux outils qui ont mené à atteindre les objectifs énoncés par la recherche et à rajouter des références enrichissantes pour la littérature.

Le choix de l'étude de cas comme méthodologie de recherche s'est avéré judicieux et bénéfique. En effet, l'objectif était d'évaluer à la fois des variables quantitatives telles que les gains opérationnels de temps de cycle, les coûts de produit ou encore les niveaux de maturité des concepts Lean. En parallèle le second objectif était d'évaluer les variables qualitatives en ayant recours aux perceptions des employés sur des gains déjà mesurés à l'aide d'observations sur le terrain.

Pour le présent mémoire, nous avons présenté une application réussie d'une démarche Lean, avec une méthodologie appuyée sur l'utilisation de trois types d'outils, soit les entretiens, les observations et la liste de vérification.

Finalement, la contribution pratique de cette recherche se situe dans la méthodologie de recherche qui s'est déroulée en partie sur le plancher de production, en collaboration avec les employés de production. Les résultats obtenus, les constats et les recommandations peuvent

servir à d'autres entreprises manufacturières québécoises œuvrant autant dans le domaine aéronautique ou autre.

6.1.6 Limites de la recherche

L'étude de cas présentée dans ce mémoire a rencontré plusieurs limites liées à l'environnement de la recherche et à la disponibilité des données pour élargir le contexte de l'analyse.

Le contexte de la recherche et le cas étudié constituent les premières limites de la recherche. En effet, un seul projet Lean a été choisi et étudié dans cette recherche. Même si l'entreprise en a tiré d'autres bénéfices et expériences par l'implantation de cette démarche dans d'autres secteurs de l'usine et également dans d'autres sites de production, il reste qu'un seul sujet fut abordé.

Il serait intéressant que d'autres recherches puissent élargir le contexte et documenter plusieurs secteurs à la fois afin de fournir un portrait plus complet de la démarche Lean chez Bombardier Aéronautique. En revanche, il faut porter une attention particulière à ce que l'étendue du projet ne dépasse pas le contexte d'une maîtrise-recherche.

Étant donné que la recherche s'est déroulée dans l'environnement de travail de l'étudiante-chercheuse, cette dernière a fait de son mieux pour adopter une position neutre lors de la collecte des données et de leur interprétation, restant objective dans son analyse.

6.2 Avenues de recherche

Des propositions pour des prochains sujets de recherches ont été imaginées par l'étudiante-chercheuse lors de cette recherche. Ces avenues de recherche offrent des sujets complémentaires et pratiques pour les prochains intéressés dans le domaine du Lean Manufacturing.

Il serait pertinent pour les prochaines recherches de suivre l'évolution des indicateurs de performance de la démarche Lean sur une longue période de temps. En effet, le processus de maintien du Lean est tributaire de la rigueur des gestionnaires et des utilisateurs. Toute grande entreprise subit des changements organisationnels et des restructurations qui impliquent essentiellement un roulement de personnel et un changement de gestionnaires.

Mesurer le niveau de maturité dans un horizon de un à cinq ans après l'implantation du projet pourrait faire l'objet de futures recherches, que ce soit par la mesure d'un seul secteur ou de

plusieurs secteurs à la fois. Il est toutefois important de porter une attention particulière aux changements organisationnels qui peuvent constituer un frein à ces recherches. En effet, il est difficile de pouvoir effectuer des recherches basées sur la perception des dirigeants ou des employés cinq ans en postimplantation, sachant que 80 % des employés changent de poste ou de secteur dans cette intervalle de temps.

De futurs travaux pourraient enfin s'intéresser à mesurer l'impact du Lean à la fois sur les indicateurs de performance opérationnelle, stratégique et aussi administrative. L'étudiant pourrait élargir sa recherche et fournir un résultat complémentaire à la présente recherche.

CONCLUSION

Ce projet de recherche avait pour objectif principal de mettre en évidence l'impact du Lean dans un centre d'usinage d'une entreprise aéronautique. La méthodologie d'étude de cas a été choisie afin de répondre à cet objectif. Des outils de collectes de données tels que les observations instantanées sur le plancher de production, les entretiens avec des employés et une liste de vérification ont été utilisés afin de documenter et de permettre l'analyse de cette étude de cas.

Cette recherche a permis de constater que les résultats de l'approche Lean appliquée au centre d'usinage ont apporté des bénéfices à la fois humains et opérationnels à l'entreprise. Les conditions de succès de l'approche Lean mis en évidence tiennent principalement à l'engagement et au *leadership* des gestionnaires tout au long de l'implantation de cette approche, mais aussi à l'implication des employés de production, à la bonne communication et au dispositif technique mis en place.

Malgré le succès du projet et ses bienfaits observés, la résistance au changement demeure un des défis majeurs auxquels doivent faire face les organisations qui veulent s'inspirer du Lean Manufacturing. Les résultats en lien avec l'évolution du niveau de motivation des employés avant, pendant et après le projet, ainsi que l'amélioration de la polyvalence témoignent de la bonne gestion de changement déployée par l'entreprise afin de contrer ce défi.

Le secteur aéronautique constitue un moteur économique important pour le Québec; cette recherche serait une plateforme intéressante pour une future recherche qui pourrait s'intéresser à la comparaison des indicateurs de performance utilisés pour mesurer l'impact d'une implantation Lean à plus grande échelle dans le secteur de l'aéronautique.

RÉFÉRENCES

- Abdulmalek, F., & Rajgopal, J. (2007). Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. *ScienceDirect*, pp. 223-236.
- Agard, B. (2004). Conception et réingénierie d'implantations. *Polycopie de cours ind3303*. Montréal, Québec, Canada: Département de mathématiques et de génie industriel, école polytechnique de Montréal.
- Alarçon, L., Calderon, R., Diethelm, S., & Rojo, O. (2008). *Assessing the impacts of implementing lean construction*. Récupéré sur Centro de excelencia en gestion de la universidad Catolica: <http://www.gepuc.cl/2009/admin/ArchivosDuros/31032010114351.pdf>
- Altfeld, H. (2010). *Lean manufacturing in the aircraft industry*. Récupéré sur Royal aeronautical society: http://www.raestoulousebranch.org/pastevents/lecturematerial2010/hans_henrich_altfeld_movingline.pdf
- Angelis, J., Conti, R., Cooper, C., Faragher, B., & Gill, C. (2006). The effects of lean production on worker job stress. *International Journal of Operations & Production Management*, 26, pp. 1013-1038.
- Baghel, A. (2004). *An evaluation of continious improvement methodologies and performance*. Montréal: Université Concordia.
- Baghel, A., Bhuiyan, N., & Wilson, J. (2005). A sustainable continious improvement methodology at an aerospace compagny. *International journal of productivity and performance management*, 55, pp. 671-687.
- Baglin, G., & Capraro, M. (1999). *L'entreprise lean production ou la pme compétitive par l'action collective*. Lyon: Presses universitaires de Lyon.

- Ballé, M. (2004). *Jidoka, le deuxième pilier du lean, working paper no2, projet Lean entreprise*. Consulté le 13 septembre 2013, sur Lean.enst.fr: www.Lean.enst.fr/wiki/pub/Lean/LesPublications/jidoka.pdf
- Becker, D. (2003). *The Boeing 737/757 lean story*. The Boeing compagny.
- Bérubé, M. (2004). *Fiche Technique # 57, les techniques d'identification des risques*. Récupéré sur Association paritaire pour la santé et la sécurité du travail, secteur "affaires municipales": <http://www.apsam.com/publication/fiche/FT57.pdf>
- Bicheno, J. (1989). *Cause and effect of jit: a pocket guide*. Buckingham, UK: Picsie books.
- Bombardier. (2013). *Bombardier.com*. Consulté le 18 février 2013, sur Bombardier: <http://www.bombardier.com/fr/aeronautique.html>
- Bombardier Aerospace. (2013). *Bombardier St-Laurent manufacturing center*. Récupéré sur Youtube: <http://www.youtube.com/watch?v=foB1ER-TCXA>
- Bosquet, L. (s.d.). *Méthodologie de la recherche*. Récupéré sur Université de Lille 2: http://staps.univ-lille2.fr/fileadmin/user_upload/ressources_peda/prepa_kine/correlation.pdf
- Bressant, J., & Caffyn, S. (1997). High involvement innovation. *International Journal of Technology Management*, 14, pp. 7-28.
- Brisley, C. (2001). *Work Sampling and Group Timing Technique, from Maynard's Industrial Engineering Handbook, Fifth Edition*. New York: McGraw-Hill.
- Brown, S., Crute, V., & Ward, Y. (2003). Implementing lean in aerospace-challenging the assumptions and understanding the chalenges. *Technovation*, 23, pp. 917-928.
- Busque, M., Boucher, A., & Duguay, P. (2012). *Indicateurs annuels de santé et de sécurité du travail pour le Québec, étude de faisabilité (version révisée)*. Récupéré sur Institut de recherche Robert Sauvé en santé et en sécurité du travail: <http://www.irsst.qc.ca/media/documents/PubIRSST/R-725.pdf>
- Butters, L. (1998). *Consumer product evaluation: which method is best? a guide to human factors at consumers*. London: Taylor & Francis.

- Cagliano, R., Caniato, F., & Spina, G. (2004). Lean, agile and traditional supply: how do they impact manufacturing performance? *Journal of Purchasing & Supply Management*, 10, pp. 151-164.
- Canada, P. &. (2005). *Pratt & Whitney Canada*. Consulté le 6 novembre 2013, sur Outils ACE: http://www.google.ca/url?url=http://www.pwc.ca/en/home&rct=j&frm=1&q=&esrc=s&sa=U&ei=gWDQU-2XFtelyATtx4HoBA&ved=0CBQQFjAA&usg=AFQjCNGupZGvI7Ud-8lv_H26cN9gHBBMFA
- Capgemini, C. (2010). *Lean management: une stratégie de long terme*. Récupéré sur Capgemini consulting: http://www.fr.capgemini.com/resource-file-access/resource/pdf/Lean_Management___une_strat___gie_de_long_terme.pdf
- Chan, J., Samson, D., & Sohal, A. (1990). An integrative model of Japanese manufacturing techniques. *International Journal of Operations and Production Management*, 16, pp. 37-56.
- Chardonnet, A., & Thibaudon, D. (2003). *Le guide du pdca de demming*. Paris: Organisation.
- Chelimsky, E., & Grosshans, W. (1990). *Case study evaluations*. Récupéré sur GAO, united states general accounting office: http://www.gao.gov/special.pubs/10_1_9.pdf
- Chen, F., & Rivera, L. (2007). Measuring the impact of Lean tools on the cost-time investment of a product using cost-time profiles. *Robotics and computer-integrated manufacturing*, 24, pp. 684-689.
- Chet, M. (s.d.). *Toyota production system house*. Consulté le 8 septembre 2013, sur Lean enterprise institute: <http://www.lean.org>
- Cho, F., Kusunoki, F., Sugimori, Y., & Uchikawa, S. (1997). Toyota production system and kanban system: Materialization of just-in-time and respect for human systems. *International Journal of Production Research*, 15, pp. 553-564.
- Cook, C., & Graser, J. (2001). *Military airframe acquisition costs*. Récupéré sur Rand corporation, objective analysis, effective solutions: http://www.rand.org/pubs/monograph_reports/MR1325.html

- Cort, A. (2007). Faster, better and smarter. *Assembly Magazine*, 30.
- Cousineau, d. (2012). *Cours de corrélation psy1004a*. Récupéré sur Université d'Ottawa: http://web5.uottawa.ca/www5/dcousineau/home/Teaching/PSY1004A/1-NotesCours/PSY1004_12.pdf
- Cox, J., & Finck, B. (1986). An examination of just-in-time management for the small manufacturer with an illustration. *International Journal of Production Research*, 14, pp. 329-342.
- Cusumano, M. (1994). The limits of lean. *MIT Sloan Management Review*, 4, pp. 27-32.
- Daille-Lefevre, B., Francois, M., Guyot, S., Lemaire, J., Marsot, J., & Morvan, E. (2013). *Lean manufacturing, quelle place pour la santé et la sécurité au travail?* Récupéré sur INRS, santé et sécurité au travail: <http://www.inrs.fr/accueil/recherche/recherche-per-discipline-criteres.html>
- De Montmollin, M. (1997). *Vocabulaire de l'ergonomie, 2e édition*. Toulouse: Octarès éditions.
- Demming, A. f. (s.d.). *William Edwards Deming (1900-1993)*. Consulté le 3 décembre 2013, sur Association française Edwards Demming: <http://www.fr-deming.org/quiest.html>
- Denis, D. (2010). Nouveau modèle productif et impacts sur la sst. *Cours d'ergonomie avancée*. Montréal, Canada: Département de mathématique et de génie industriel, Ecole Polytechnique de Montréal.
- Denzin, N., & Lincoln, Y. (2000). *Handbook of qualitative research*. Thousand Oaks: Sage Publications.
- Drew, J., McCallum, B., & Roggenhofer, S. (2004). *Objectifs lean, réussir l'entreprise au plus juste: enjeux techniques et culturels*. Paris: Eyrolles. Récupéré sur Alliance des consultats industriels francophones.
- Durand, J. (1997). *Le langage des achats*. Poitiers: Méthodes et stratégie.
- Duret, D., & Pillet, M. (2005). *Qualité en production: de l'iso 9000 à six sigma*. Paris: Eyrolles, Éditions d'Organisation.

- Earley, T. (s.d.). *The seven wastes, 7 mudas*. Récupéré sur Lean manufacturing tools: <http://leanmanufacturingtools.org/77/the-seven-wastes-7-mudas/>
- Entrac. (2014). *L'équipe entrac*. Consulté le 4 janvier 2014, sur L'équipe entrac: <http://www.entrac.ca/>
- entrac, L. (2008). *Pratique sécuritaire de travail*. Documentation interne de l'entreprise, Montréal.
- Fernandez, A. (2013). *Les nouveaux tableaux de bord des managers 4e éditions*. Paris: Eyrolles.
- Fine, D., Hansen, M., & Roggenhofer, S. (s.d.). *McKinsey & Compagny*. (I. & publications, Éd.) Récupéré sur McKinsey & Compagny: http://www.mckinsey.com/insights/operations/from_lean_to_lasting_making_operational_improvements_stick
- Gagnon, Y. (2005). *L'étude de cas comme méthode de recherche*. Québec: Presses de l'Université du Québec.
- Gall, I. (2009). *Merging lean & six sigma for enterprise excellence*. Récupéré sur Enabling enterprise excellence LAI/MIT: http://lean.mit.edu/downloads/cat_view/99-presentations/83-lai-annual-conferences/475-2009-lai-annual-conference/477-breakout-session-i/484-merging-lean-six-sigma-for-enterprise-excellence
- Gardner, R. (2009). Getting it together. *Aerospace Engineering & Manufacturing*, 30-33.
- Gastelum, E. (2002). *Application of lean manufacturing techniques for the design of the aircraft assembly line*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology.
- Grebici, K. (2010). Note de cours: IND6208A, conception des systèmes de production "juste à temps". Montréal.
- Guenard, E. (28 avril 2014). Entretien avec le directeur de production. (M. Moknine, Intervieweur)
- Hamel, M. (2009). *Kaizen event fieldbook: foundation framework, and standard work for effective events*. Michigan: Society of Manufacturing Engineers.

- Hay, E. (1988). *The just-in-time breakthrough: Implementing the new manufacturing basics*. New York: Wiley.
- Hinners, N. (2009). *Management by wandering around - MBWA*. Récupéré sur The project management.Hut: <http://www.pmhut.com/management-by-wandering-around-mbwa>
- Hohmann, C. (2003). *Le kaizen, le principe de l'amélioration continue*. Consulté le 6 septembre 2012, sur Performance opérationnelle et lean management: http://chohmann.free.fr/kaizen_fr.htm
- Hohmann, C. (2009). *Techniques de productivité*. Paris: Eyrolles, éditions d'organisation.
- Hoppes, C. (1995). *Lean manufacturing practices in the defense aircraft industry*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology.
- Houlahan, C. (1994). *Reduction of front-end loading of inventory: Making the airframe industry lean through better inventory management*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology.
- Huellmantel, A., Vaghefi, M., & Woods, L. (mars). Toyota story 1: Still Winning the Productivity Game Business strategy Review. *Business Strategy Review*, 11, pp. 59-70.
- Imai, M. (1997). *Gemba kaizen*. New York: Mcgraw-hill.
- Imbeau, D. (2009). Description et étude du travail, ergonomie occupationnelle, aspects physiques. *IND 6410*. Montréal, Canada: Département de mathématique et de génie industriel, École Polytechnique de Montréal.
- Initiative, L. A. (2013). *Lean*. Consulté le 26 novembre 2013, sur LAI transition announcement: <http://lean.mit.edu/>
- James-Moore, S., & Gibbons, A. (1997). Is lean manufacture universally relevant? An investigative methodology. *International Journal of Operations & Production Management*, 9, pp. 899-911.
- Jenkins, M. (2002). *Getting Lean, across the enterprise Boeing is attacking waste and streamlining process. The goal? Cost Competitiveness*. Consulté le 26 juin 2013, sur Boeing.com: <http://www.boeing.com/news/frontiers/archive/2002/august/cover.html>

- Johnson, C. (s.d.). *Freequality training downloads*. Récupéré sur Freequality free ressources for quality-minded professionals: <http://www.freequality.org/html/training.html>
- Jones, D., & Womack, J. (1996). *Lean thinking*. New York: Free Press.
- Jones, D., & Womack, J. (2005). *System lean: penser l'entreprise au plus juste*. Paris: Village mondial, 2ème édition.
- Jones, D., Roos, D., & Womack, J. (1990). *The machine that changed the world: The story of lean production-toyota's secret weapon in the global car wars that is now revolutionizing world industry*. New York: Free Press.
- Kamata, S. (2008). *Toyota: L'usine du désespoir*. Demopolis.
- Kaplan, R., & Norton, D. (1992, janvier-février). *The balanced scorecard measures that drive performance*. Boston: Harvard business review.
- Katzs, J. (2007). *Cost Isn't everything, best use of lean is when newly available capacity is used to grow business*. Récupéré sur <http://www.industryweek.com/companies-amp-executives/cost-isnt-everything>
- Kilpatrick, A., Pozsar, M., Quint, M., Ramirez-de-Arellano, L., Reynal, V., Schoonmaker, J., & Shields, T. (1997). *Lean implementation considerations in factory operations of low volume/ high complexity production systems*. Récupéré sur The lean aircraft initiative: <http://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/1666/RP9704.pdf?sequence=2>
- Kilpatrick, J. (2003). *Lean principales*. (Utah, Éd.) Récupéré sur Manufacturing extension partnership: http://mhc-net.com/whitepapers_presentations/LeanPrinciples.pdf
- Klein, J. (1995). *Lean aircraft Initiative organization & human resources: Survey feedback-factory operations*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology.
- Knuf, J. (2000). Benchmarking the lean enterprise: organizational learning at work. *Journal of Management in Engineering*, 16, 1-14.
- Laden, C., Meney, R., Petit, J., & Ringot, M. (1998). *Les observations instantannées*. Récupéré sur Centre d'études et de recherches: <http://www.cerpep.education.gouv.fr/EG/etudes/obsins.pdf>

- Laforest, D., & Tremblay, I. (s.d.). *Amélioration de la performance des processus, optimisation*. Récupéré sur Mouvement québécois de la qualité: <http://www.qualite.qc.ca/centre-des-connaissances/fiches-outils-detaillees/amelioration-de-la-performance-optimisation/methodologie>
- Landaburu, E. (1999). *Evaluer les programmes socio-économiques, principales techniques et outils d'évaluation, volume 3*. Récupéré sur Fonds structurels communautaires: <http://www.eureval.fr/IMG/pdf/vol3.pdf>
- Lee, S., & Ebrahimpour, M. (1984). Just-in-time production system: Some requirements for implementation. *International Journal of Operations and Production Management*, 4, pp. 3-15.
- Lewis, D. (2002). *Fujio Cho 1937 biography*. Consulté le 24 novembre 2013, sur Reference for Business: <http://www.referenceforbusiness.com/biography/A-E/Cho-Fujio-1937.html>
- Liker, J. (2004). *The Toyota way*. New York: McGraw-Hill.
- Lyonnet, B. (2010). *Amélioration de la performance industrielle: vers un système de production Lean adapté aux entreprises du pôle de compétitivité Arve industries Haute-Savoie Mont-Blanc*. Chambéry: Ecole polytechnique de l'université de Savoie.
- Lyonnet, B., Pillet, M., Pralus, M., Guizzi, L., & Habchi, G. (2008). A method to identify critical resources: Illustration by an industrial case, International conference on business sustainability. Portugal.
- Magazine, A. (2007). *Assembly planbook*. Troy, Michigan: Bnp Publication.
- Manufacturiers et exportateurs du Québec. (2009). *Guide des bonnes pratiques en amélioration continue au Québec: partage de succès et pièges à éviter*. Montréal: Manufacturiers et exportateurs du Québec.
- Masaaki, I. (1986). *Kaizen, the key to japan's competitive success*. New York: McGraw-Hill.
- McDonald, M. (2009). Récupéré sur Lean enterprise institute: <http://www.lean.org/common/display/?o=1239>

- McLachlin, R., & Piper, C. (1990). Just in-time production: eleven achievable dimensions. *Operations Management Review*, pp. 1-8.
- Menard, J. (2005). *concept: le juste à temps*. Récupéré sur Association-manufacturiers et exportateurs du Québec: [http://www.amceq.org/docs/5-JAT_article_aout2005_\(ps2\).pdf](http://www.amceq.org/docs/5-JAT_article_aout2005_(ps2).pdf)
- Metzinger, C. (2009/2010). *Le stress au travail au travers du Lean Manufacturing*. Strasbourg: Université de Strasbourg.
- Mollet, H. (2004). Les système de mesure de la performance. *Revue Française de Gestion Industrielle*, 23.
- Monden, Y. (1982). What makes the toyota production system really tick? *Industrial Engineering*, 13, pp. 13-16.
- Mouvement québécois de la qualité. (2014). *Mouvement québécois de la qualité*. Récupéré sur Bombardier, profil de l'organisation: http://www.qualite.qc.ca/uploads/files/3821_mqq_exposant_36x48_bombardier_final_corrige.pdf
- Nielsen, J., & Landauer, T. K. (1993). *A mathematical model of the finding of usability problems. In proceedings of ACM interchi'93 conference*. Amsterdam, Netherlands: ACM Press.
- Ohno, T. (1998). *Toyota production system: Beyond large-scale production*. Portland: Productivity Press.
- Pearson, D. (2007). *Airbus cuts costs by learning from auto industry*. Récupéré sur Market Watch, The Wall Street Journal: <http://www.marketwatch.com/story/airbus-cuts-costs-by-learning-from-auto-industry>
- Pegels, C. C. (1984). The Toyota production system: lessons for american management. *International Journal of Operations and Production Management*, 4, pp. 3-11.
- Perrons, R. (1997). *Make-buy decisions in the U.S, aircraft industry*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology.
- Piche, C. (2010). Un coup de circuit...ou cent coups sûrs? *Les affaires*, 16.
- Pillet, M. (2004). *Six sigma, comment l'appliquer*. Paris: Organisations.

- Pozsar, M. (1996). *Application of the lean aircraft initiative factory operations model to case studies in the defense aircraft industry*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology.
- Qualité plus conseil. (2011). *Des exemples de formulaires et bonnes pratiques à adapter à vos besoins*. Récupéré sur Qualité plus conseils: http://qualiteplusconseil.com/amelioration_continue/
- Richey, D. (1996). The shingo prize for excellence in manufacturing. *Journal for Quality and Participation*, 19, pp. 28-31.
- Rosson, R. (1994). *Self-directed work teams at texas instruments defence systems & electronics group*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology.
- Rother, M., & Shook, J. (1999). *Learning to see, value-stream mapping to create value and eliminate muda*. New York: Productivity Press; 1.3 edition.
- s, n. M. (2008). *Benchmarking : entre bonnes pratiques et alignement stratégique*. Récupéré sur Stratégies d'innovation actualités, outils et réflexions sur les stratégies innovantes: <http://strategies4innovation.wordpress.com/2008/08/02/benchmarking-entre-bonnes-pratiques-et-alignement-strategique/>
- Scholtes, P. (1998). *The leader's handbook, a guide to inspiring your people and managing your workflow*. New York: 1998.
- Shah, R., & W., P. (2007). Defining and developing measures of lean production. *Journal Of Operations Management*, 25, p. 787.
- Shah, R., & Ward, P. (2002). Lean Manufacturing: context, practice bundles, and performance. *Journal Of Operations Management, ScienceDirect*, 21, p. 6.
- Sharan, M. (1998). *Qualitative research and case study applications in education*. San Francisco: Jossey-Bass Publishers.
- Shields, T. (1996). *Factory flow benchmarking report*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology.

- Sorenson, E. (1995). *Self-directed work teams at an aerospace company*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology.
- Soy, S. (1997). *The case study as a research method*. Récupéré sur University of Texas at Austin: <https://www.ischool.utexas.edu/~ssoy/usesusers/l391d1b.htm>
- St- Marseille, M. (2012). *Analyse de risque du centre d'usinage*. Documentation de l'entreprise, Montréal.
- Stevenson, W., & Benedetti, C. (2007). *La gestion des opérations 2e éditions, produits et services*. Montréal: Cheneliere Mc Graw-Hill.
- Subhadra, K. (2003). *Lean manufacturing initiatives at Boeing, center for management research*. Hyderabad, India: Nagarjuna Hills.
- Suzaki, K. (1985). Japanese manufacturing techniques:their importance to US manufacturers. *Journal of Business Strategy*, 5, pp. 10-19.
- Togo, Y., & Wartman, W. (1993). *Against all odds: The story of the toyota motor corporation and the family that created it*. New york: St.Martin's Press.
- Tools, l. m. (s.d.). *The seven wastes*. Consulté le 26 novembre 2013, sur Lean manufacturing tools: <http://leanmanufacturingtools.org/77/the-seven-wastes-7-mudas/>
- Trudel, F. (2010). *L'analyse Comparative (benchmarking)*. Récupéré sur Icriq, manufacturers, wholesalers, industrial-related service companies: http://www.icriq.com/en/productique_tfp.html/-/asset_publisher/heR1/content/l-analyse-comparative-benchmarking/maximized
- Virzi, R. (1992). *Refining the test phase of usability evaluation: How many subjects? human factors*. Waltham, Massachusetts: GTE Laboratories Inc.
- Voss, C. (1987). Application of just-in-time manufacturing techniques in the United Kingdom. *International Journal of Operations and Production Management*, 7, pp. 46-52.
- Voyer, P. (1999). *Tableaux de bord de gestion et indicateurs de performance 2e éditions*. Québec: Presses de l'université du Québec.

- Wang, A. (1999). *Design and analysis of production systems in aircraft assembly*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology.
- Wantuck, K., Chase, R., & Aquilano, N. (1983). *The Japanese approach to productivity, Production and operations management: A life cycle approach, 6th editions*. Homewood, Illinois, Etats Unis: Irwin.
- Watson, J. J. (2006). Integrated lean manufacturing with technology: Analyzing the effects on organizational performance in terms of quality, cost, and response Time. *A dissertation presented in partial fulfillment of the requirements for the degree : doctor of philosophy*. Minneapolis, Etats Unis: Capella University.
- Weber, A. (2011). *Auto industry inspires bombardier*. Récupéré sur Assembly Magazine: <http://www.assemblymag.com/articles/88851-auto-industry-inspires-bombardier>
- White, R. (1993). An empirical assessment of JIT in US manufacturers. *Production and Inventory Management Journal*, 45, pp. 38-42.
- Yin, R. (1994). *Case study research: design and methods (2nd ed)*. Newbury Park: Sage.

ANNEXE A –RÉSULTATS DE LA LISTE DE VÉRIFICATION

Résultats du niveau de maturité du premier concept Lean commun

1. Élimination des sources de gaspillages						
1.1 L'analyse de la valeur et des sources de gaspillages					1	2
					3	
1	I	Inexistant	Aucune analyse de la valeur n'est réalisée. Aucune évidence d'indicateurs de mesures de la valeur ou d'élimination des gaspillages n'existe sur le plancher de production et sur le TBE			
2	E	Existant	L'analyse de la valeur est en développement, il y a une évidence que des indicateurs de mesure de la valeur sont en développement		2	
3	M	Méthode	L'analyse de la valeur est mise en place sur toute la chaîne de valeur. Des indicateurs de mesure existent. Ils mesure le processus de la réception de la matière jusqu'à l'expédition des pièces à la prochaine étape du processus. Par exemple: temps de cycle incluant le délai de livraison des matières premières, le temps d'usinage, le temps d'opération secondaire etc.			
4	S	Systématique	Les écarts sont identifiés, les actions sont entreprises ou en cours de réalisation pour réduire les activités à non-valeur ajoutée			4
5	E	Exemplarité	Des actions sont entreprises régulièrement pour réduire les opérations à non-valeur ajoutée. Une évidence existe au niveau de l'analyse de la valeur exemple: temps de cycle affiché, mise à jour quotidienne, des actions sont entreprises pour répondre à l'objectif du takt-time ciblé. Un simple coup d'œil sur le TBE de la cellule permet de voir les écarts aux objectifs, les résolutions de problème ainsi que les opportunités d'améliorations proposées. PDCA mis en place.			5

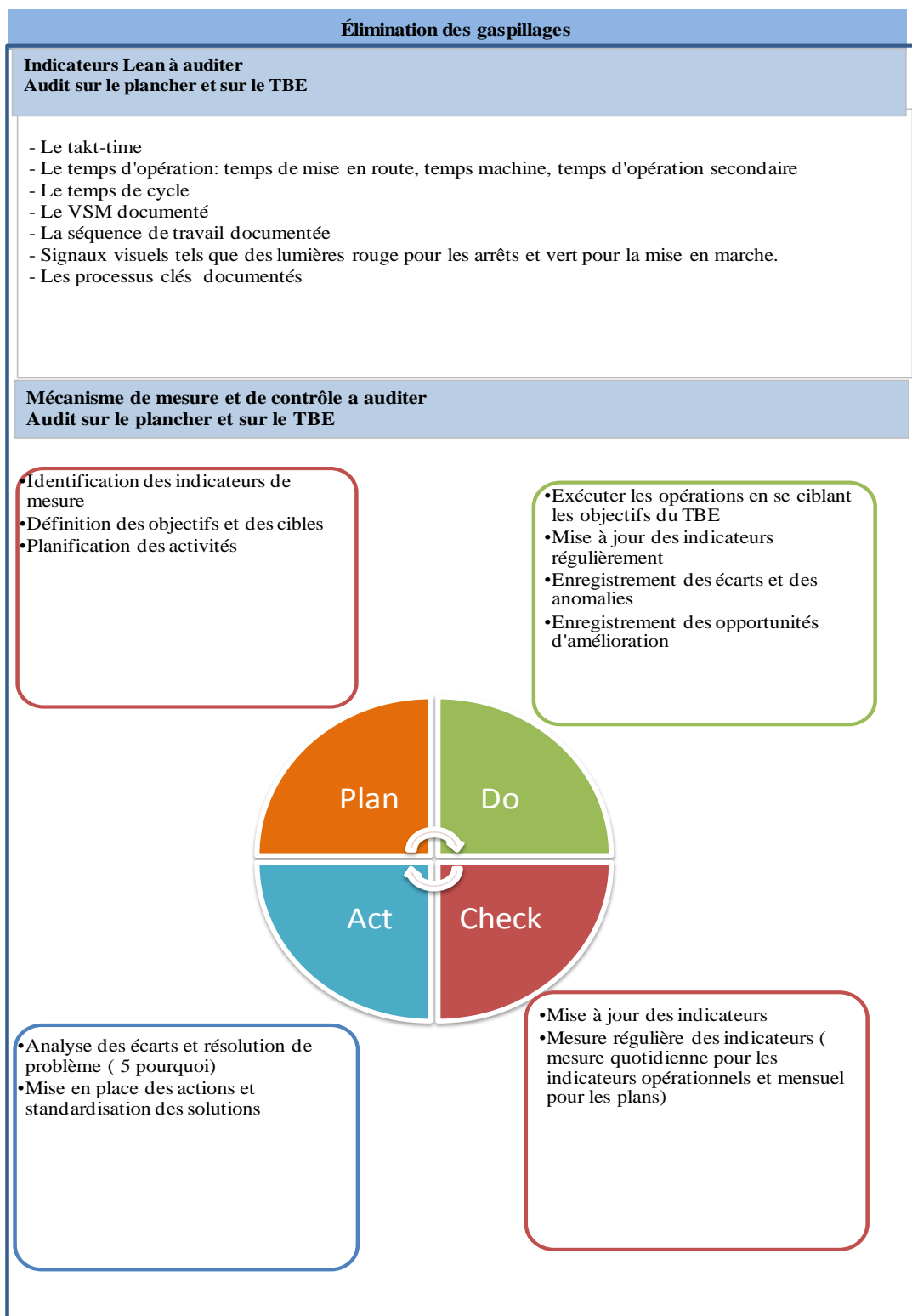
(1) niveau de maturité en préimplantation; (2) : niveau de maturité six mois en postimplantation; (3) : niveau de maturité deux ans en postimplantation

Résultats du niveau de maturité du premier concept Lean commun

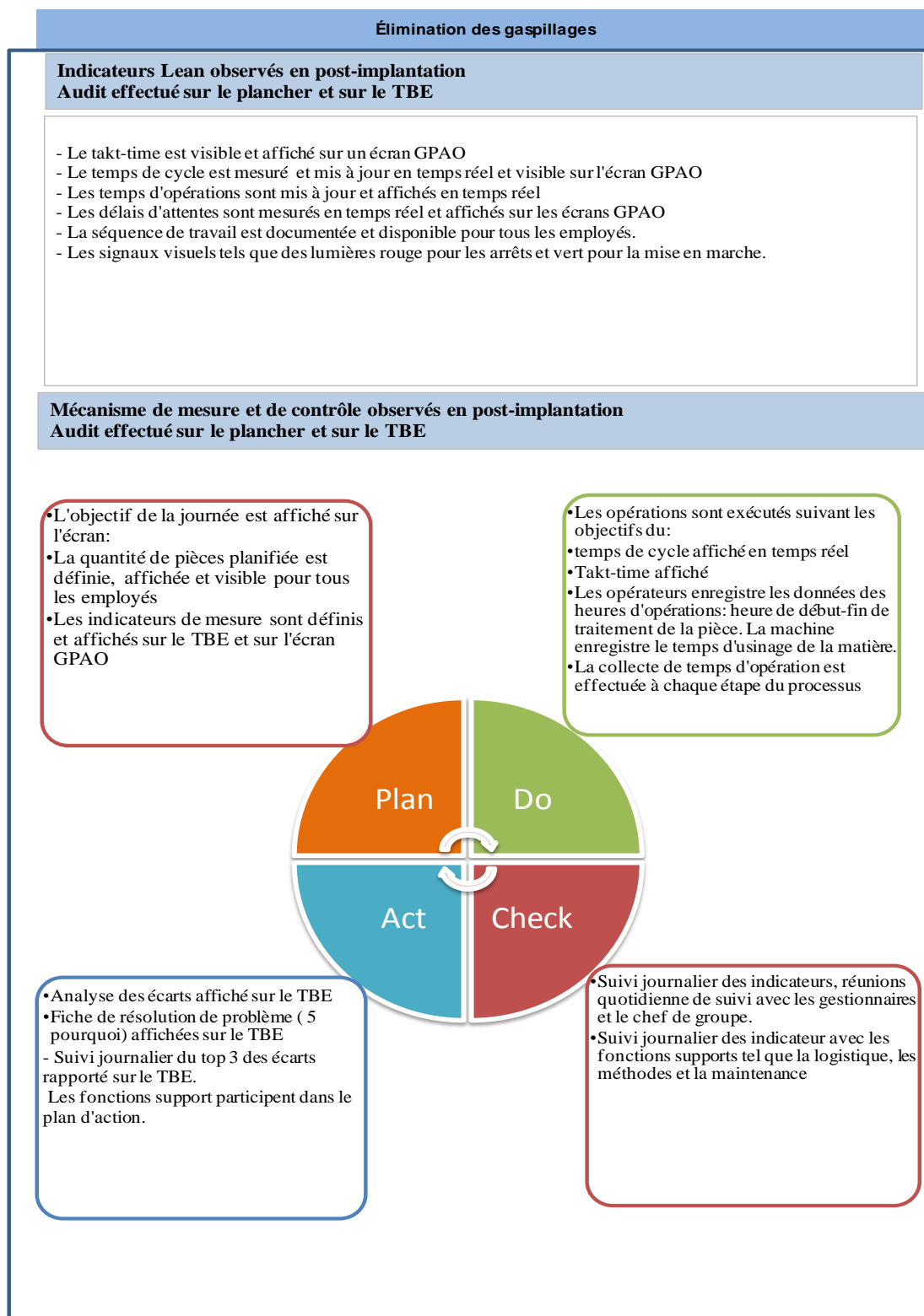
1.2 La cartographie de la chaîne de valeur				1	2	3
1	I	Inexistant	Aucun processus n'est documenté ni cartographié			
2	E	Existant	Les processus clés sont documentés et permettent de visualiser le flux de travail dans la cellule. Exemple: La séquence de travail			
3	M	Méthode	Des indicateurs visuels ou signaux visuels sont présents sur le plancher de production et aident les employés à exécuter la séquence de travail (exemple: signal rouge lorsque la machine est arrêtée, convoyeur arrêté, erreur de programme...)	3		
4	S	Systématique	Les indicateurs visuels permettent de contrôler les processus de la cellule, ils sont souvent utilisés pour prendre des décisions.		4	4
5	E	Exemplarité	Le flux de processus de la cellule est contrôlé et maintenu. Les objectifs de performance de flux sont atteints (exemple: a quelle étape du processus est rendue une matière première ou une pièce finie?, un simple coup d'œil sur le tableau de contrôle de la machine ou sur le tableau d'affichage permet d'avoir l'information).PDCA mis en place			

(1) niveau de maturité en préimplantation; (2) : niveau de maturité six mois en postimplantation; (3) : niveau de maturité deux ans en postimplantation

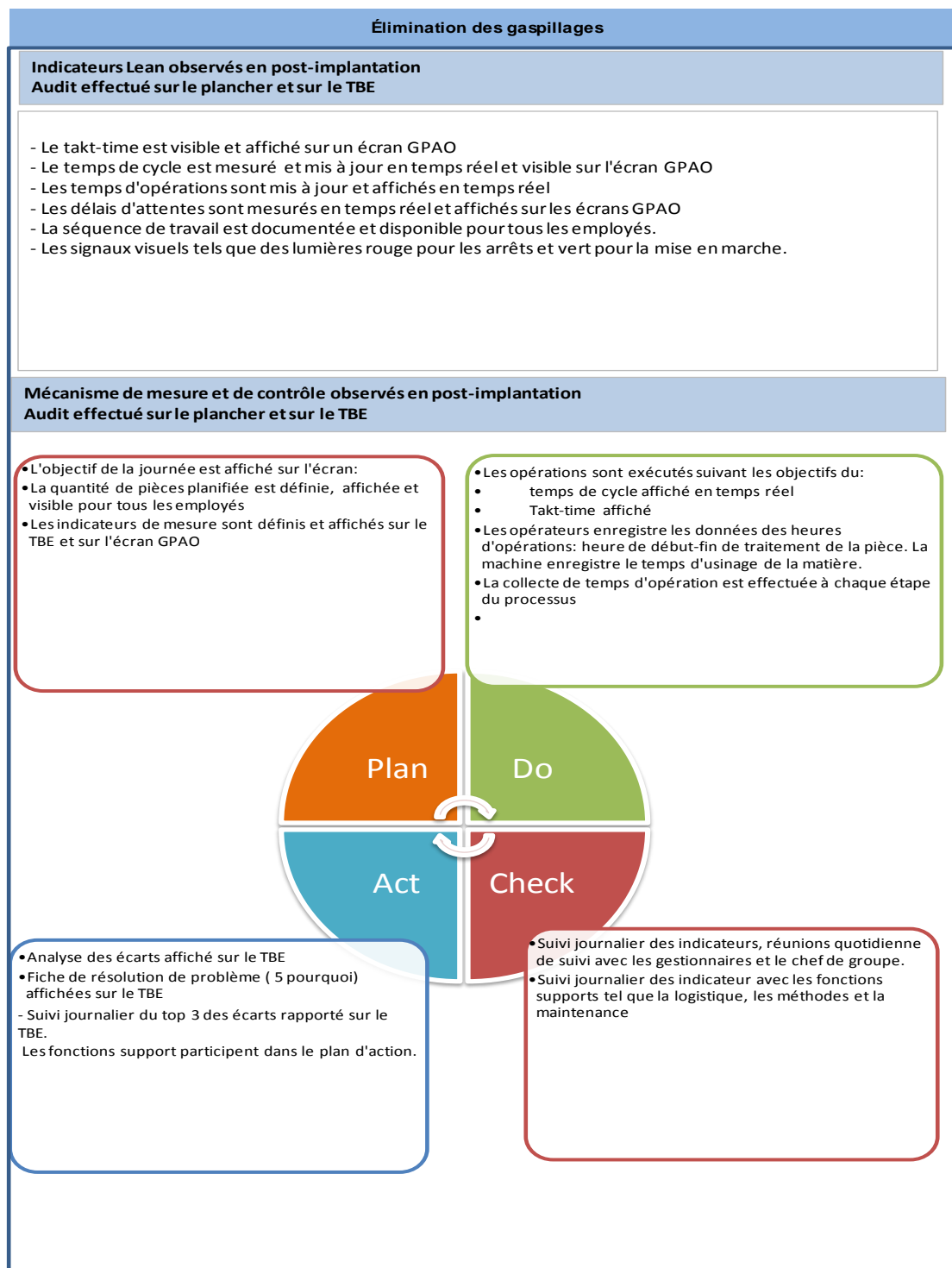
Résultats du mécanisme de mesure du premier concept Lean commun en préimplantation



Résultats du mécanisme de mesure du premier concept Lean commun six mois en postimplantation



Résultats du mécanisme de mesure du premier concept Lean commun deux ans en postimplantation



Résultats du niveau de maturité du deuxième concept Lean commun

2. Juste à temps							
2.1 Le flux tiré					1	2	3
1	I	Inexistant	Aucune gestion par le flux tiré n'est pratiquée. Accumulation des stocks à différente étape du processus. Aucun indicateur de flux tiré n'est visible		1		
2	E	Existant	Le flux tiré est en développement. L'accumulation des stocks est variable d'une étape à une autre. 1 ou 2 indicateurs de flux tiré est mis en place				
3	M	Méthode	Les stocks sont gérés à l'aide d'un processus à flux tiré, appliqué à certaines étapes du processus seulement. Exemple : système Kanban déployé seulement à la réception des pièces			3	3
4	S	Systématique	Le flux tiré est mis en place, des signaux visuels sont mis en place en amont et en aval du centre d'usinage				
5	E	Exemplarité	Le flux tiré est mis en place, des actions sont entreprises régulièrement pour optimiser le flux, des indicateurs visuels sont suivis et affichés. Les stocks sont ajustée en fonction de la demande. Le flux continue de la cellule est maintenu. PDCA mis en place				

(1) niveau de maturité en préimplantation; (2) : niveau de maturité six mois en postimplantation;
 (3) : niveau de maturité deux ans en postimplantation

Résultats du niveau de maturité du deuxième concept Lean commun

2.2 La gestion des stocks en fonction de la demande du client Le client est le centre d'usinage. Le fournisseur étant le fournisseur de matière première. Les commandes sont lancées par le département de la logistique. Le client du centre d'usinage est la prochaine étape du processus				1	2	3
1	I	Inexistant	Les commandes de fabrication sont lancées suivant la planification prévisionnelle de la production sans tenir compte de la capacité réelle du client			
2	E	Existant	La planification de la production est parfois effectuée en fonction de la demande du centre d'usinage. Beaucoup de stocks de matière première est présent sur le plancher de production	2		
3	M	Méthode	La planification de la production est effectuée seulement en fonction de la demande (capacité) du centre d'usinage. La quantité de stocks de matière/pièce est constante entre chaque étape du processus.		3	
4	S	Systématique	La planification de production suit la demande du client, en cas d'arrêt de production, la quantité des stocks est ajustée par le département de la logistique et le lancement de la commande est retardé. (Exemple: la quantité de matière diminue lorsque les machines sont en arrêts de maintenance)			4
5	E	Exemplarité	La planification de production suit la demande du client, les commandes sont gérés directement par le fournisseur de matière première. Le lancement des commandes du centre d'usine tient compte de la demande réelle de son client (prochaine étape du processus). PDCA mis en place			

(1) niveau de maturité en préimplantation; (2) : niveau de maturité six mois en postimplantation; (3) : niveau de maturité deux ans en postimplantation

Résultats du niveau de maturité du deuxième concept Lean commun

2.3 L'optimisation des temps de mise en route et de changement de série				1	2	3
1	I	Inexistant	Aucune optimisation des temps de mise en route n'est pratiquée			
2	E	Existant	L'optimisation des temps de mise en route est pratiquée mais les outils et les équipements requis pour effectuer la mise en route sont éloignés de leurs point d'utilisation, l'opérateur doit se déplacer pour aller chercher ses outils			
3	M	Méthode	L'optimisation des temps de mise en route est pratiquée, les outils sont proche de l'opérateur. Par contre le temps de mise en en route est variable, des actions sont mises en place ou sont en cours			
4	S	Systématique	Les outils, équipements requis pour effectuer la mise en route sont proches de leurs point d'utilisation, des procédures écrites existent et sont affichées	4	4	4
5	E	Exemplarité	Les opérateurs proposent régulièrement des opportunités d'amélioration pour optimiser le temps de mise en route, améliorent les procédures écrites et font le suivi de l'implantation auprès des gestionnaires (exemple: achat d'un nouvel outil de serrage plus performant, réaménager la table de travail etc). PDCA mis en place			

(1) niveau de maturité en préimplantation; (2) : niveau de maturité six mois en postimplantation; (3) : niveau de maturité deux ans en postimplantation

Résultats du niveau de maturité du deuxième concept Lean commun

2.4 Flux pièce à pièce "One Pièce Flow"							
2.4.1 le mode d'organisation en "One Pièce Flow"					1	2	3
1	I	Inexistant	Aucun mode de production pièce à pièce n'existe. Les matières/pièces arrivent en lot (plusieurs matière/pièces à la fois)		1		
2	E	Existant	Un mode de production pièces à pièce est en développement				
3	M	Méthode	Un mode de production en pièce à pièce est implanté. Les matières/ pièces sont acheminées une quantité à la fois. Quelques employés ne respectent pas l'ordonnancement des pièces (l'ordre de passage des pièces)			3	
4	S	Systematique	Un mode de production en pièce à pièce est implanté avec des contrôles visuels pour faciliter l'exécution du travail des employés. Tous les employés respectent ce mode de production.				4
5	E	Exemplarité	Un mode de production en pièce à pièce est implanté avec des contrôles visuels. Le processus est stable, et tous les employés respectent ce mode de fonctionnement. PDCA mis en place				

(1) niveau de maturité en préimplantation; (2) : niveau de maturité six mois en postimplantation; (3) : niveau de maturité deux ans en postimplantation

Résultats du niveau de maturité du deuxième concept Lean commun

2.4.2 L'optimisation du flux pièce à pièce				1	2	3
1	I	Inexistant	Aucune optimisation des flux n'est pratiquée. Une grande partie du plancher de production est dédié à de l'entreposage et de la manutention, il y a un grand va et vient des employés.			
2	E	Existant	La cellule est organisé en flux, le point d'entrée de la matière première est séparée du point de sortie de produit finis mais il y a beaucoup de stocks de produits entreposés, les employés se déplacement parfois pour aller chercher la matière première ou les pièces.	2		
3	M	Méthode	La cellule est organisé en flux, il y a peu de va et vient des employés, la matière est acheminée directement au poste d'utilisation des employés et entreposées adéquatement dans un espace dédiée. L'entreposage des pièces générée parfois la manipulation inutile.			
4	S	Systematique	Les flux matière/pièce sont visuels, les opérateurs voient l'avancement de de la matière première et les pièces finis, la manipulation des employés est négligeable		4	4
5	E	Exemplarité	Les flux matière/pièce sont visuels, des indicateurs de contrôle de flux existent, sont clairs et aident les opérateurs à effectuer leurs travail. PDCA mis en place			

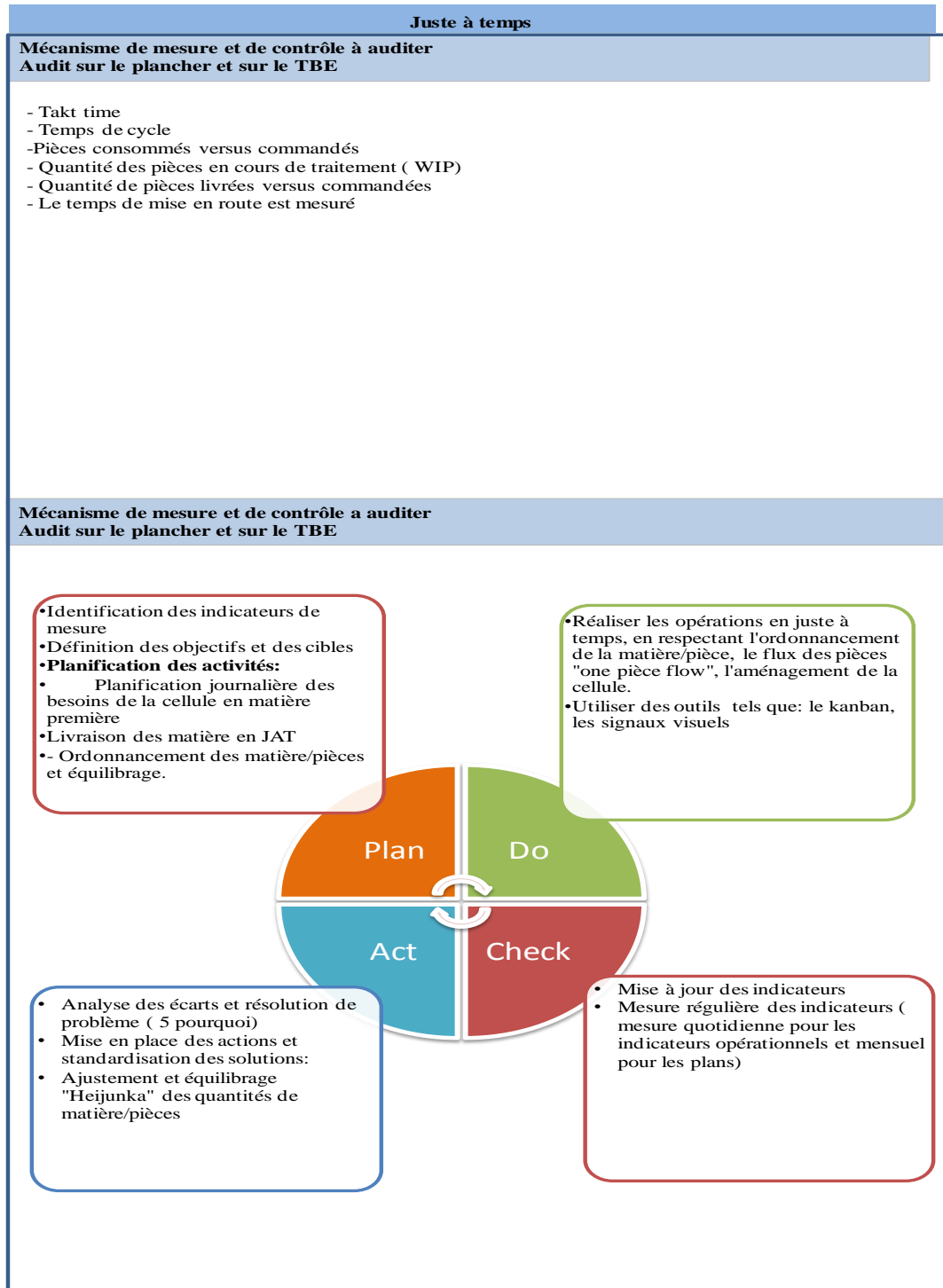
(1) niveau de maturité en préimplantation; (2) : niveau de maturité six mois en postimplantation; (3) : niveau de maturité deux ans en postimplantation

Résultats du niveau de maturité du deuxième concept Lean commun

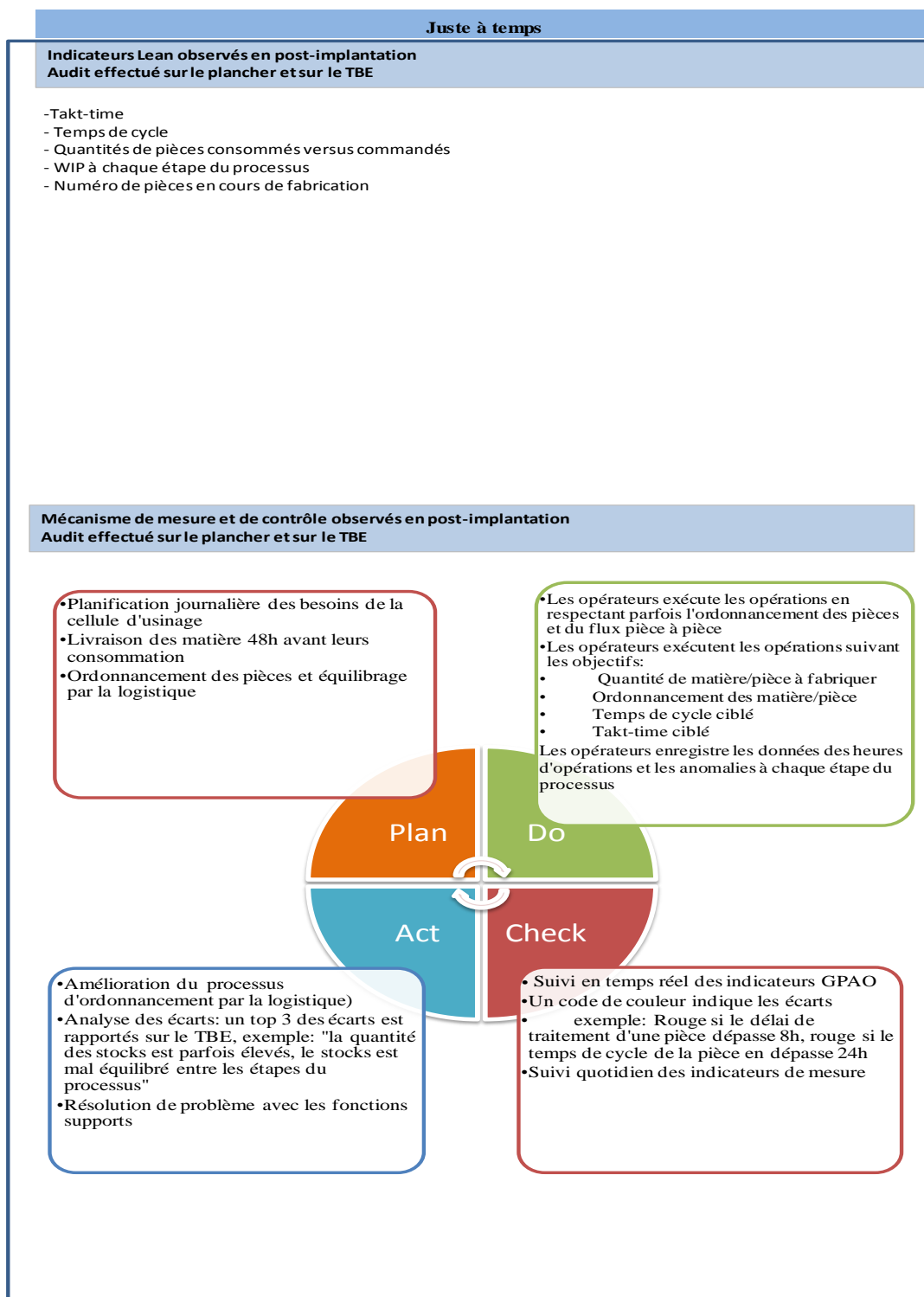
2.5 Le travail est nivelé et équilibré				1	2	3
1	I	Inexistant	Les quantités livrées au centre d'usinage sont variables et ne tiennent pas compte de la demande du client	1		
2	E	Existant	Les quantités livrées au centre d'usine tiennent compte de la demande du client. Il y a parfois des changements de priorité. Les quantités sont parfois variables (exemple: les stocks des matières est plus élevés que la capacité des machines)			
3	M	Méthode	Les quantités livrées au centre d'usinage sont nivelées en fonction de la demande du centre d'usinage			
4	S	Systématique	Les quantités livrées au centre d'usinage sont nivelées en fonction de la demande du centre d'usinage, des indicateurs visuels sont suivis et affichés		4	4
5	E	Exemplarité	Les quantités livrées au centre d'usinage sont nivelées en fonction de la demande du centre d'usinage. La production du centre d'usinage tient compte de la capacité et de la demande réelle du poste en aval (prochaine étape du processus). Des indicateurs visuels sont affichés dans la cellule et suivis par les employés. PDCA mis en place			

(1) niveau de maturité en préimplantation; (2) : niveau de maturité six mois en postimplantation; (3) : niveau de maturité deux ans en postimplantation

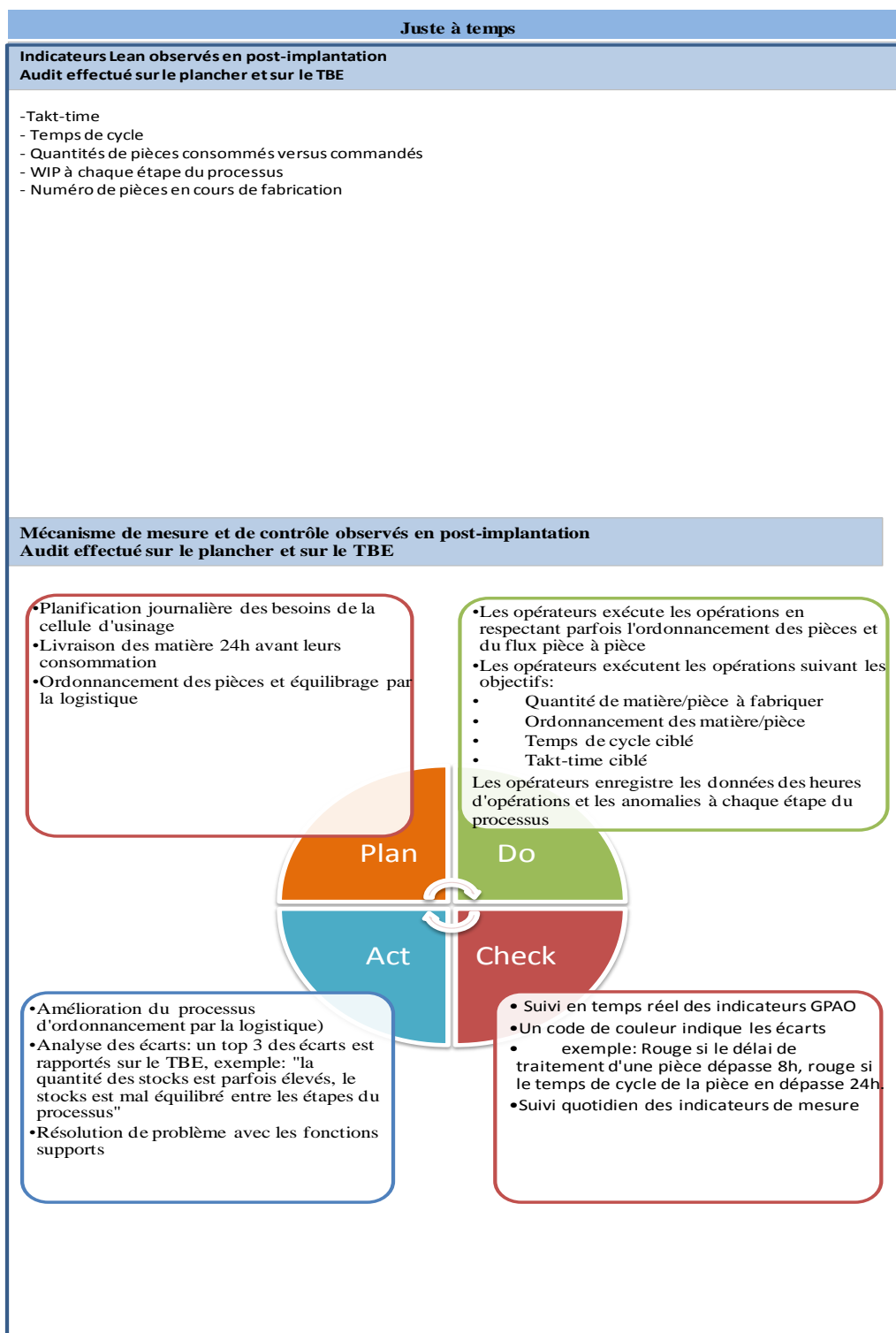
Résultats du mécanisme de mesure du deuxième concept Lean commun en préimplantation



Résultats du mécanisme de mesure du deuxième concept Lean commun six mois en postimplantation



Résultats du mécanisme de mesure du deuxième concept Lean commun deux ans en postimplantation



Résultats du niveau de maturité du troisième concept Lean commun

3. Amélioration continue				1	2	3
3.1 Le programme d'amélioration continue et le Kaizen						
1	I	Inexistant	Il n'y a peu d'évidence qu'un programme d'amélioration continue est appliquée (absence de zone de communication, absence de tableaux d'affichage et d'indicateurs visuels, absence de 5S et de gestion visuelle...)			
2	E	Existant	Un programme d'amélioration continue est en développement, des indicateurs tels que les tableaux d'affichage, TBE, feuille de résolution de problème sont mis en place			
3	M	Méthode	Un programme d'amélioration continue est utilisé, les employés participent dans ce programme et suggèrent des opportunités d'amélioration, (exemple: des réunions de travail se tiennent dans les zones de communications, présence des employés dans des ateliers Kaizen, des indicateurs mis à jour)			
4	S	Systématique	Des indicateurs visuels sont mis à jour régulièrement. Un audit de maturité du programme est mis en place.	4	4	4
5	E	Exemplarité	Il y a une évidence que l'objectif ciblé par la cellule est atteint. PDCA mis en place			

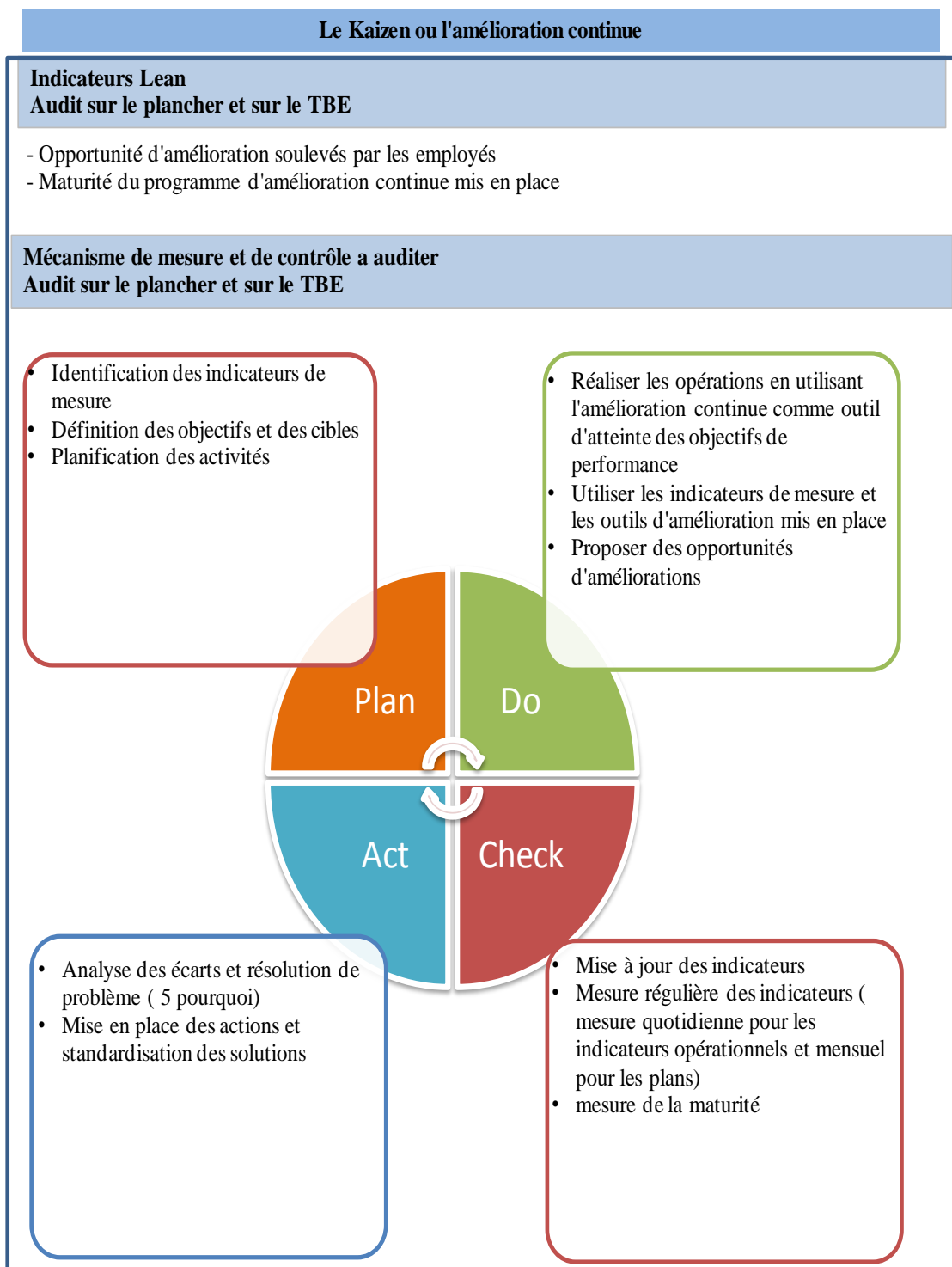
(1) niveau de maturité en préimplantation; (2) : niveau de maturité six mois en postimplantation; (3) : niveau de maturité deux ans en postimplantation

Résultats du niveau de maturité du troisième concept Lean commun

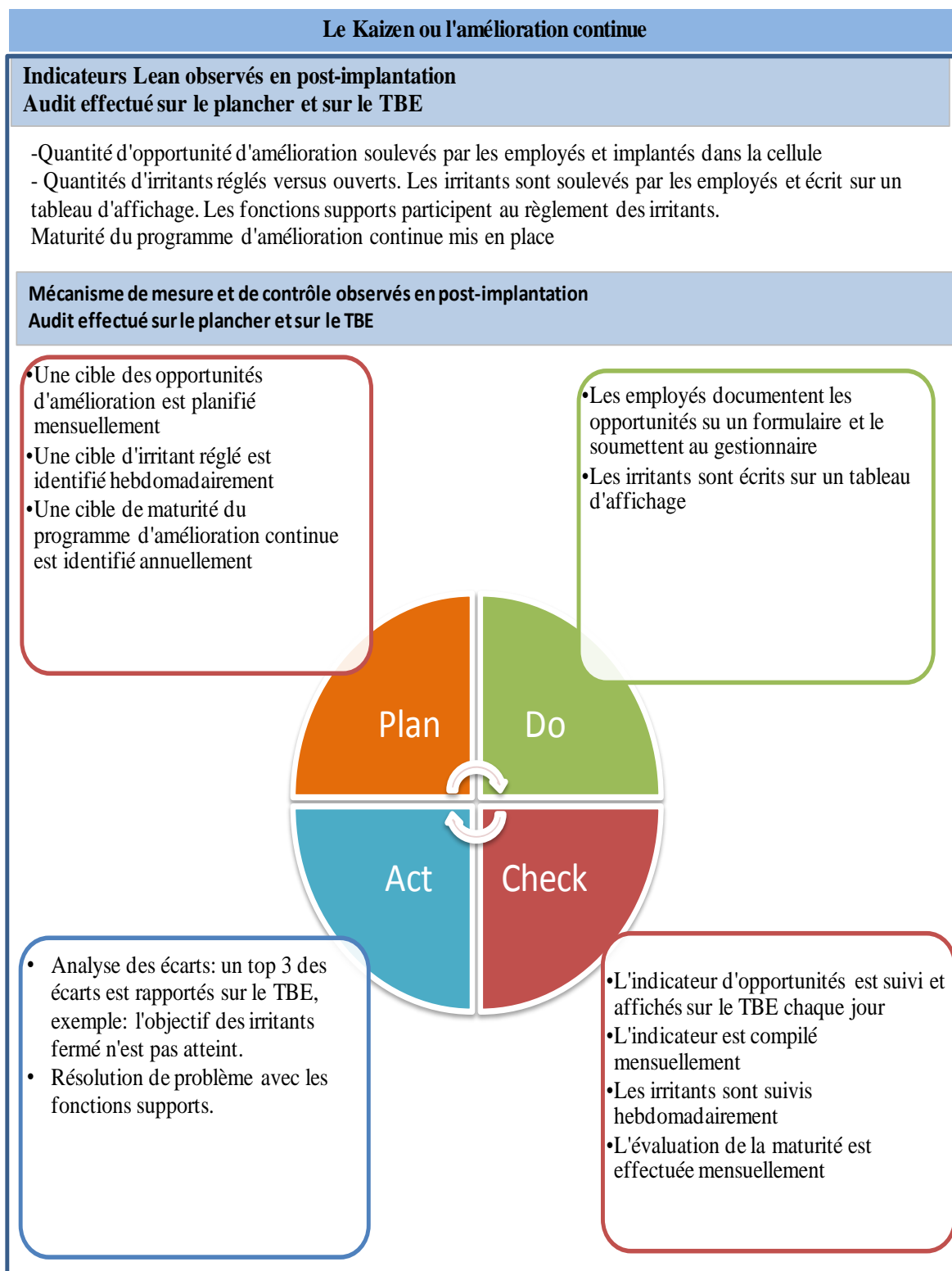
3.2 La mesure de la performance				1	2	3
1	I	Inexistant	La performance n'est pas mesurée. Aucune évidence de gestion de performance.			
2	E	Existant	La mesure de la performance est en développement, quelques indicateurs de performance sont visibles, exemple: le total des heures réalisées versus planifiées			
3	M	Méthode	La mesure de la performance est mise en place. Les indicateurs de mesure sont affichés	3		
4	S	Systématique	Les indicateurs de mesure de la performance sont mis à jour régulièrement. Les écarts sont analysés. Des plans d'actions sont évidents		4	4
5	E	Exemplarité	La mesure de performance est efficace et pertinente, il y a une évidence que les objectifs sont souvent atteints. PDCA mis en place			

(1) niveau de maturité en préimplantation; (2) : niveau de maturité six mois en postimplantation; (3) : niveau de maturité deux ans en postimplantation

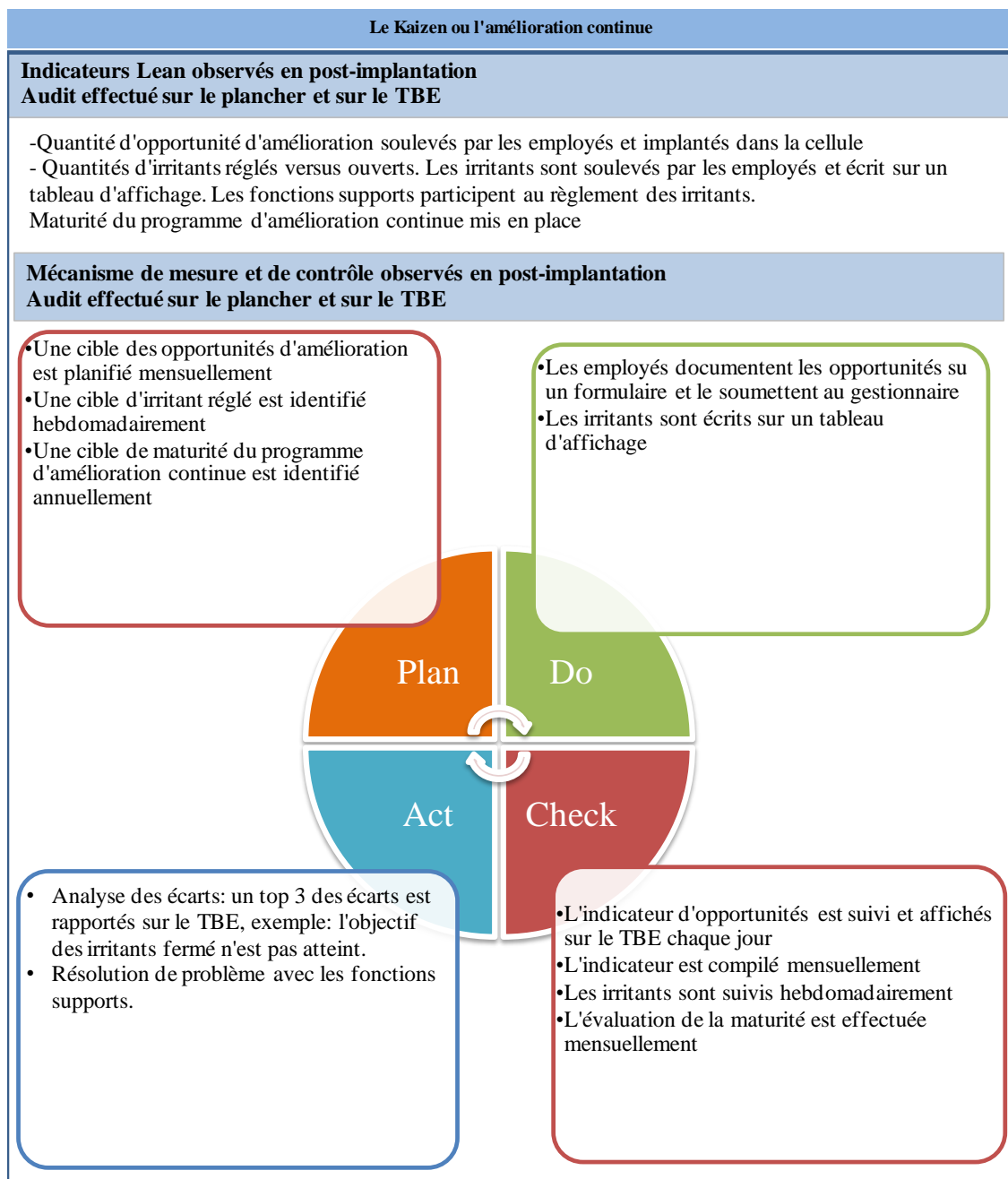
Résultats du mécanisme de mesure du troisième concept Lean commun en préimplantation



Résultats du mécanisme de mesure du troisième concept Lean commun six mois en postimplantation



Résultats du mécanisme de mesure du quatrième concept Lean commun deux ans en postimplantation



Résultats du niveau de maturité du quatrième concept Lean commun

4. Qualité totale							
4.1 Le standard							
4.1.1 Les procédures de travail					1	2	3
1	I	Inexistant	Il n'existe pas de procédures de travail écrites comme les instructions de travail visuelles qui montrent la séquence de travail, les outils utilisés, les opérations critiques etc				
2	E	Existant	Les procédures de travail existent et sont utilisées par 1 ou 2 employés seulement. Elle sont affichés seulement à certains endroits. Il y a de la poussière sur quelques-unes.				
3	M	Méthode	Les procédures de travail sont utilisées par tous les employés, sont standards et mise à jour par les employés par contre, seulement quelques procédures de travail sont mises à jour seulement. (exemple: une procédure qui date de 2007 est visible sur le plancher)		3		
4	S	Systématique	Les standards sont mises à jour régulièrement par les employés de production. (exemple: les dates de mise à jour de moins d'un an)			4	4
5	E	Exemplarité	Un processus d'audit régulier existe pour évaluer l'écart au standard. Un indicateur d'écart au standard et un suivi des corrections existe.PDCA mis en place				

(1) niveau de maturité en préimplantation; (2) : niveau de maturité six mois en postimplantation; (3) : niveau de maturité deux ans en postimplantation

Résultats du niveau de maturité du quatrième concept Lean commun

4.1.2 Gammes de fabrication				1	2	3
1	I	Inexistant	Il n'y a pas de gammes de fabrication (les étapes de fabrication, les méthodes de travail, les outils, les équipements, la main-d'œuvre nécessaire, le temps standard et les critères de contrôle de la qualité) ne sont pas écrites et disponibles au poste de travail			
2	E	Existant	Les gammes de fabrication sont définies mais il n'y a aucune mesure pour établir des temps standards pour les diverses étapes de fabrication pour les machines et la main d'œuvre.			
3	M	Méthode	Les gammes de fabrication sont mise à jour, un processus de mesure de temps standards existe, la mise à jour se fait seulement lors d'une analyse d'introduction d'un nouveau produit.	3	3	3
4	S	Systématique	Les gammes de fabrication sont régulièrement améliorées et mises à jour. Un mécanisme de mesure de temps standard sur la machine existe et relève automatiquement le temps d'usinage des machines. Le processus de mesure des temps standard des employés est connu et révisé à chaque amélioration apportée par les employés			
5	E	Exemplarité	Les gammes de fabrication sont mis à jour régulièrement, le processus de mesure de temps standard est connu par tous les employés régulier existe pour évaluer l'écart au standard. Un indicateur d'écart au standard et de suivi des corrections existe. Les gammes de fabrication sont disponible de manière électronique ou bien classés dans un endroit accessible à tous les employés. PDCA mis en place			

(1) niveau de maturité en préimplantation; (2) : niveau de maturité six mois en postimplantation; (3) : niveau de maturité deux ans en postimplantation

Résultats du niveau de maturité du quatrième concept Lean commun

4.1.3 Les pertes de temps et les gaspillages				1	2	3
1	I	Inexistant	Il y a beaucoup de temps perdu par les employés dans la recherche des outils, l'attente des informations, l'attente de la matière ou des pièces	1		
2	E	Existant	Le temps passé à rechercher la matière, outils ou l'information est minime			
3	M	Méthode	Les endroits d'entreposages des outils est bien identifiés et sont proches du point où l'employé effectue son travail. Les machines et les employés ne sont pas arrêtés par manque de pièces, d'outils ou d'information			
4	S	Systématique	Des actions sont entreprises régulièrement par les gestionnaires et les départements supports pour minimiser la perte de temps des employés. Les gestionnaires s'assurent d'acquiescer les outils nécessaires pour les employés. Les départements supports fournissent les informations et le support aux employés		4	
5	E	Exemplarité	Les fonctions supports telles que la logistique et les méthodes participent dans les réunions quotidiennes avec le chef de groupe et le gestionnaire afin de suivre les actions et supporter les demandes des employés. PDCA mis en place			5

(1) niveau de maturité en préimplantation; (2) : niveau de maturité six mois en postimplantation; (3) : niveau de maturité deux ans en postimplantation

Résultats du niveau de maturité du quatrième concept Lean commun

4.1.4 La gestion de la qualité				1	2	3
1	I	Inexistant	La qualité n'est pas mesuré. Aucune évidence de mesure de la qualité n'est visible			
2	E	Existant	Il y a une évidence que la qualité est mesurée, des indicateurs de mesure sont en construction			
3	M	Méthode	La qualité est mesurée, l'indicateur sur la quantité de rebuts et/ou la non qualité est mesuré et affiché. Un inspecteur qualité est dédié pour assurer la qualité des produits qui sont traités dans le centre d'usinage			
4	S	Systématique	L'inspection qualité est intégrée dans les gammes de fabrication. Les employés font de l'auto-inspection et s'assurent de la qualité des pièces			
5	E	Exemplarité	La mesure de la qualité est efficace et pertinente, il y a peu de non-conformité dans la cellule. Les problèmes sont adressées et des actions sont entreprises avec les fonctions supports pour éviter la reproduction de la non-qualité. PDCA mis en place	5	5	5

(1) niveau de maturité en préimplantation; (2) : niveau de maturité six mois en postimplantation; (3) : niveau de maturité deux ans en postimplantation

Résultats du niveau de maturité du quatrième concept Lean commun

4.2 La résolution de problème				1	2	3
1	I	Inexistant	Aucun processus de résolution de problème n'existe			
2	E	Existant	Un processus de résolution de problème fondé sur la méthode du 5 pourquoi existe, les problèmes sont identifiés mais ne sont pas suivis			
3	M	Méthode	Les problèmes priorités sont identifiés et affichés sur le tableau de bord équilibré.			
4	S	Systématique	Les chefs d'équipe font le suivi des problèmes et des solutions mises en place. Ils communiquent l'évolution auprès des employés. Des feuilles de résolutions de problème ou un format standard est utilisé et suivi par les gestionnaires	4	4	
5	E	Exemplarité	Les fonctions supports tel que la logistique et les méthodes sont impliqués dans les démarches de résolutions de problèmes. Le problème est escaladé au niveau des gestionnaire afin d'apporter le support nécessaire pour résoudre le problème. PDCA mis en place			5

(1) niveau de maturité en préimplantation; (2) : niveau de maturité six mois en postimplantation; (3) : niveau de maturité deux ans en postimplantation

Résultats du niveau de maturité du quatrième concept Lean commun

4.3 Le dispositif anti-erreur ou poka-yoké				1	2	3
1	I	Inexistant	Aucun dispositif anti-erreur n'existe			
2	E	Existant	Des formations existent pour expliquer l'intérêt des poka yoké et d'intégrer la qualité dans le produit			
3	M	Méthode	Le centre d'usinage utilise parfois ce dispositif pour améliorer l'autocontrôle			
4	S	Systématique	Le centre d'usinage utilise souvent les dispositifs anti-erreurs	4	4	4
5	E	Exemplarité	Le poka-yoké est couramment utilisés(exemple des outils go-no-go existe, sont intégré dans les gammes de fabrication et sont utilisés par les employés). PDCA mis en place			

Résultats du niveau de maturité du quatrième concept Lean commun

4.4 La maintenance préventive(TPM)				1	2	3
1	I	Inexistant	Aucun programme de maintenance préventive n'est pratiqué			
2	E	Existant	Un programme de maintenance préventive est en développement, ce processus est appliquée seulement aux outils critiques (exemple: les outils de coupe de la machine d'usinage)	2	2	
3	M	Méthode	Un programme de maintenance préventive est implanté, une équipe de TPM est dédiée au centre d'usinage. Des activités de maintenance préventive sont pratiquée avec les employés.			
4	S	Systématique	Des formations sont données aux employés pour participer dans le programme. Un manuel de formation existe et est disponible pour les employés			
5	E	Exemplarité	Les activités de TPM sont réalisées par les employés de production. Des indicateurs visuels mettent en évidence ces activités. PDCA mis en place			5

(1) niveau de maturité en préimplantation; (2) : niveau de maturité six mois en postimplantation; (3) : niveau de maturité deux ans en postimplantation

Résultats du niveau de maturité du quatrième concept Lean commun

4.5 L'analyse des écarts et des causes racines des problèmes				1	2	3
1	I	Inexistant	Aucune démarche rigoureuse d'analyse des écarts n'existe			
2	E	Existant	Un processus standard de résolution de problème existe et est basée sur une démarche rigoureuse qui intègre: la cueillette d'informations, la définition claire du problème en se basant sur des faits, la localisation les lieux où le problème a eu lieu, la recherche des causes racines en utilisant la méthode des 5 « pourquoi » La démarche existe, mais elle est peu utilisée			
3	M	Méthode	Le standard existe pour traiter les causes racines des problèmes, ce standard est souvent utilisé (exemple : procédure de résolution de problème et d'analyse des écarts)			
4	S	Systématique	Une formation est donnée au <i>coach</i> désigné (chef de groupe ou un employé), le standard est souvent utilisée. Un document de formation existe et disponible pour les employés	4	4	4
5	E	Exemplarité	Le standard est toujours utilisé, des fiches du standards sont affichés, des audits internes sur l'utilisation du standard est effectué de façon régulière (mensuelle). PDCA mis en place			

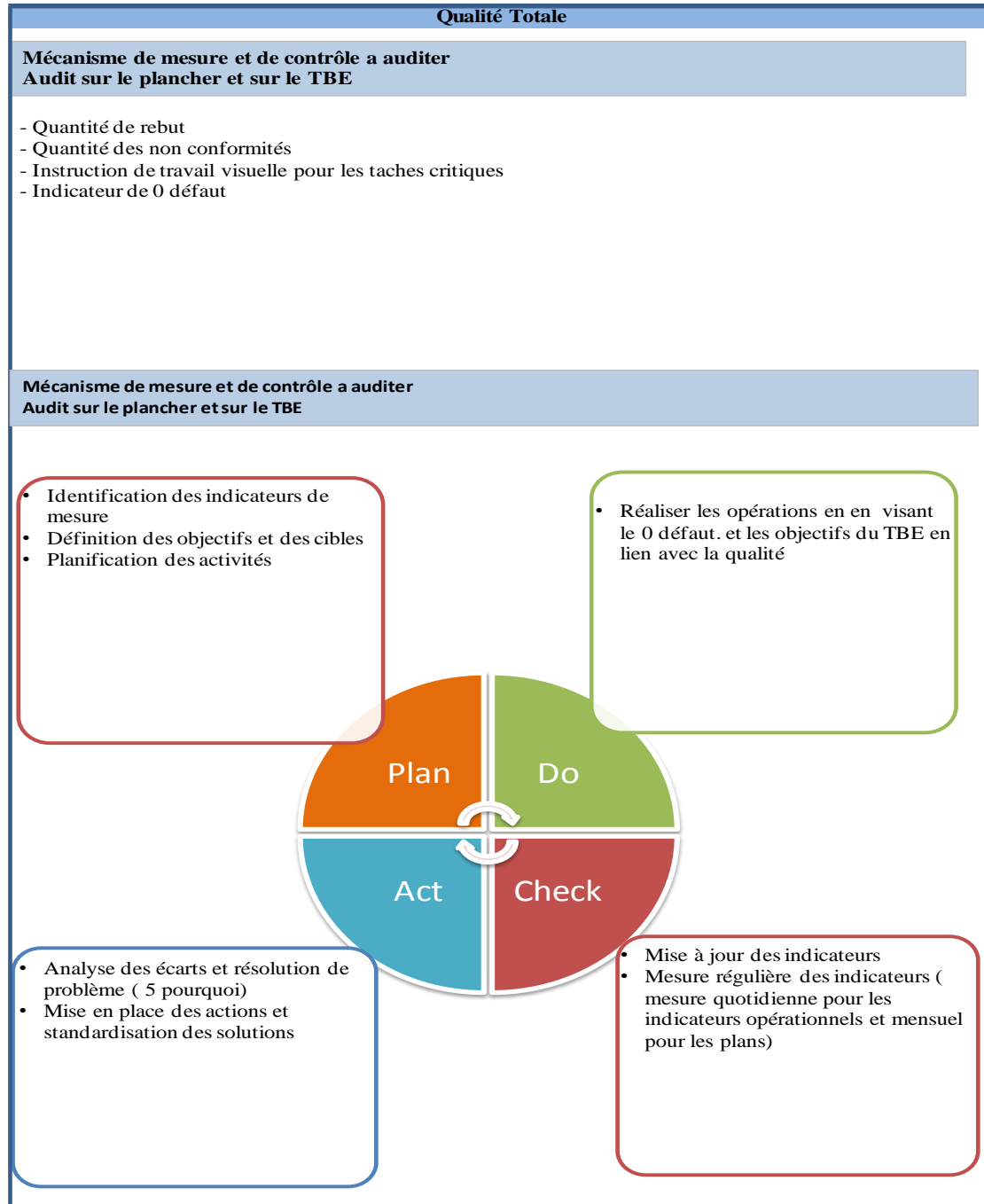
(1) niveau de maturité en préimplantation; (2) : niveau de maturité six mois en postimplantation; (3) : niveau de maturité deux ans en postimplantation

Résultats du niveau de maturité du quatrième concept Lean commun

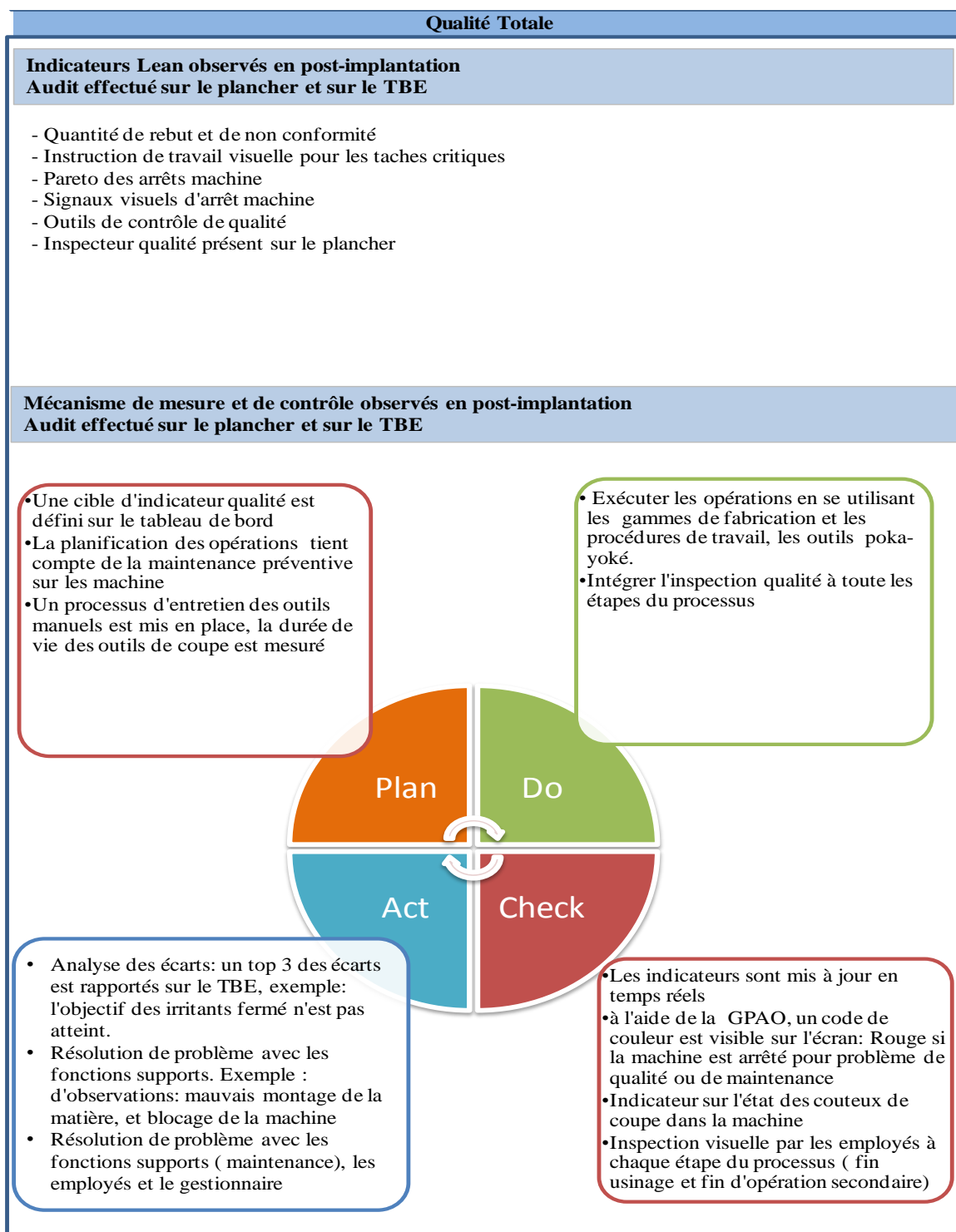
4.5.1 La communication des causes racines et la standardisation des solutions				1	2	3
1	I	Inexistant	Aucune communication des résultats de résolution de problème et d'analyse des causes racines n'est effectués			
2	E	Existant	Les solutions sont documentée seulement			
3	M	Méthode	La solution est documentée, affichée et communiquée aux employés			
4	S	Systématique	La solution est utilisée par les employés	4	4	4
5	E	Exemplarité	La solution devient standard, elle est utilisée par tous les employés. PDCA mis en place			

(1) niveau de maturité en préimplantation; (2) : niveau de maturité six mois en postimplantation; (3) : niveau de maturité deux ans en postimplantation

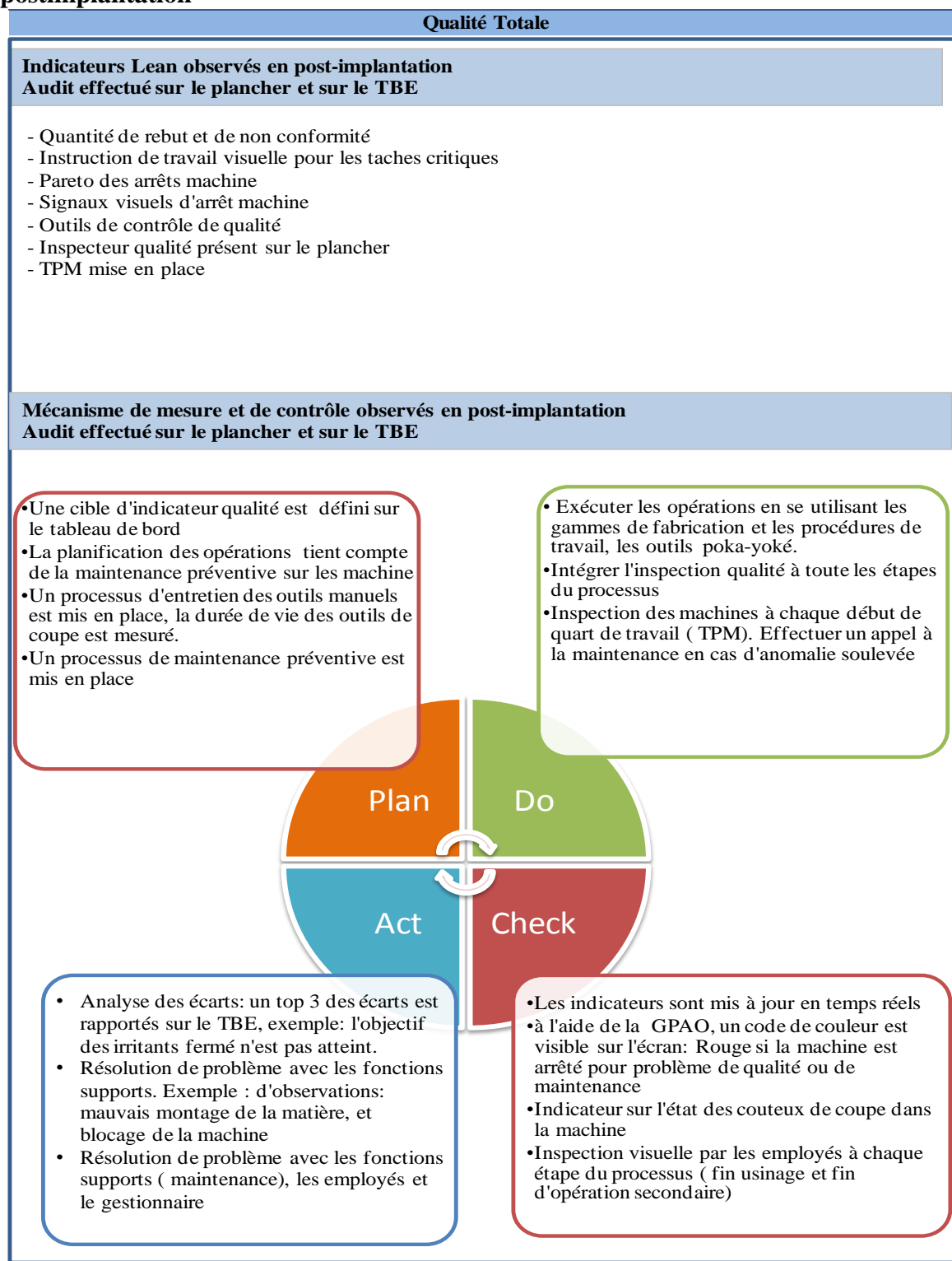
Résultats du mécanisme de mesure du quatrième concept Lean commun en préimplantation



Résultats du mécanisme de mesure du quatrième concept Lean commun six mois en postimplantation



Résultats du mécanisme de mesure du quatrième concept Lean commun deux ans en postimplantation



Résultats du niveau de maturité du cinquième concept Lean commun

5. Gestion visuelle							
5.1 Les indicateurs du tableau de bord équilibré					1	2	3
1	I	Inexistant	Pas d'indicateurs visuels ou d'objectifs définis				
2	E	Existant	Des indicateurs officiels existent, les objectifs de travail sont définis, communiqués aux employés et sont affichés sur le tableau de bord. Les indicateurs sont parfois mis à jour.				
3	M	Méthode	Les indicateur visuels servent de pilotage et d'anticipation, ils sont mis à jour et suivi régulièrement par les gestionnaires.		3		
4	S	Systématique	Les indicateurs sont mis à jour mensuellement, les objectifs sont atteints à 80%, les écarts aux objectifs sont affichés et bien identifiés.			4	4
5	E	Exemplarité	Les indicateurs du tableau de bord du gestionnaire sont alignés avec le tableau de bord des employés. Les employés (le chef de groupe) sont impliqués dans la mise à jour et l'amélioration des indicateurs du tableau de bord équilibré à travers des activités de Kaizen par exemple. PDCA mis en place				

(1) niveau de maturité en préimplantation; (2) : niveau de maturité six mois en postimplantation; (3) : niveau de maturité deux ans en postimplantation

Résultats du niveau de maturité du cinquième concept Lean commun

5.2 Le 5S							
5.2.1 L'organisation des lieux de travail							
					1	2	3
1	I	Inexistant	Les lieux de travail sont sales et désordonnée				
2	E	Existant	L'organisation des lieux de travail est moyenne, le maintien est insuffisant.				
3	M	Méthode	Un bon suivi de l'organisation des lieux de travail est effectué par les gestionnaires, les employés respectent l'organisation et la propreté des lieux de travail.		3		
4	S	Systématique	Un indicateur visuel de 5S existe et affichés sur le tableau de bord et est mesuré par les gestionnaires mensuellement. Les employés sont impliqués dans le maintien de l'ordre dans l'usine.			4	
5	E	Exemplarité	Une activité de 5S est pratiqué régulièrement (exemple: à chaque fin de quart de travail) par les employés. Un audit de 5S est effectué à une fréquence adéquate (exemple hebdomadaire). Le suivi de l'indicateur est effectué par les employés, l'objectif de l'indicateur de 5S est atteint et maintenu sur une période minimale (exemple de 3 mois). Une évidence de l'audit 5S ainsi que de l'audit est visible dans la cellule. PDCA mis en place				5

(1) niveau de maturité en préimplantation; (2) : niveau de maturité six mois en postimplantation; (3) : niveau de maturité deux ans en postimplantation

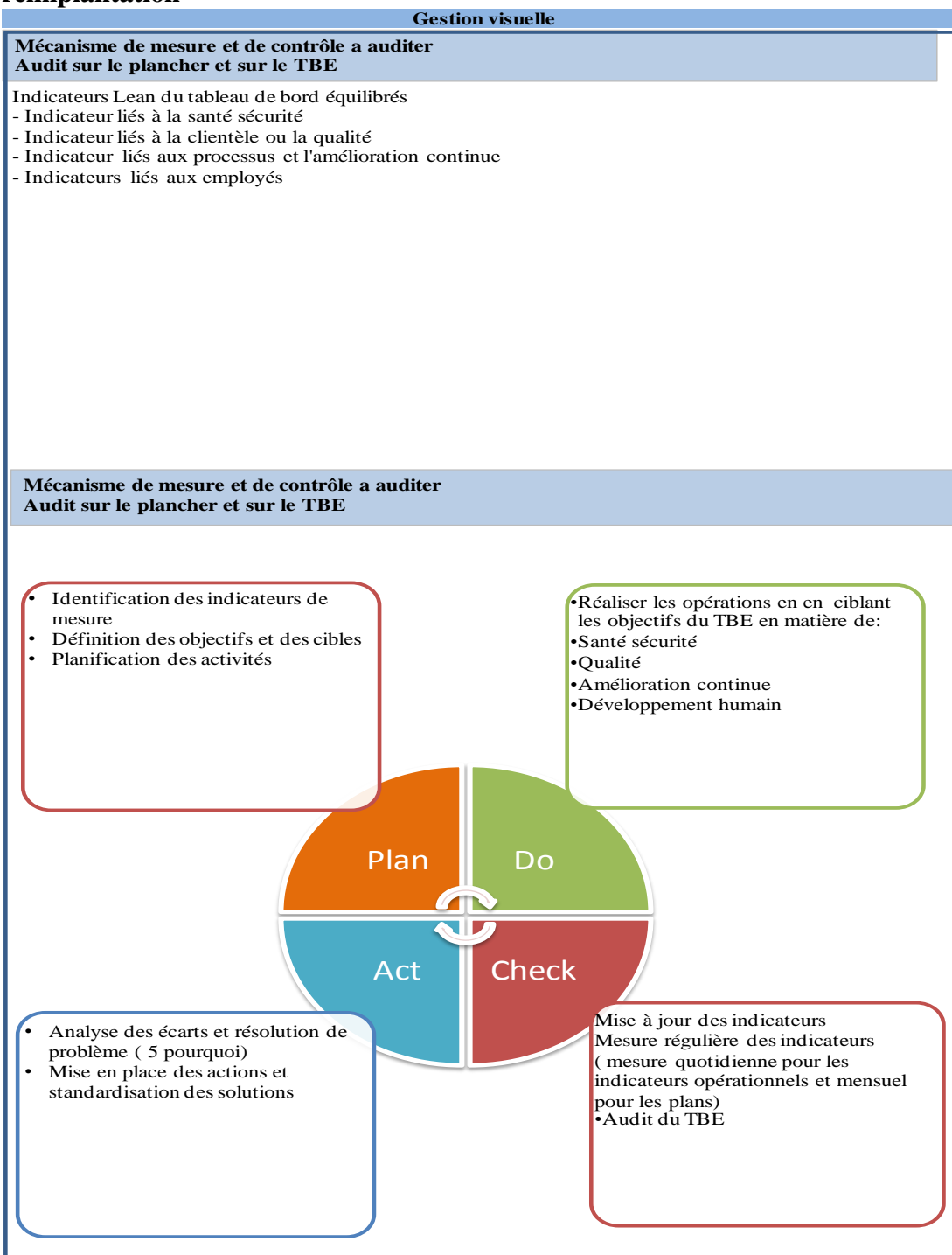
Résultats du niveau de maturité du cinquième concept Lean commun

5.2.2 L'identification des zones de travail				1	2	3
1	I	Inexistant	Aucune identification ni marquage au sol pour les coffres, l'outillage et les objets mobiles	1		
2	E	Existant	Une identification et un marquage au sol existe, mais les zones identifiées ne sont pas respectées et n'est pas connu par tout le monde			
3	M	Méthode	Une identification et un marquage au sol existe, les éléments sont bien rangés à leurs emplacements			
4	S	Systématique	Une identification et un marquage pour les éléments mobiles existe, le code de couleur est respecté et standardisé, des panneaux d'affichage identifie les éléments mobiles à leurs emplacement dédiés		4	4
5	E	Exemplarité	Tous les éléments sont à leurs emplacement, le code de couleur est respectés, les endroits sont propres, identifiés, une procédure d'audits et de contrôle 5S existe et sont affichés. PDCA mis en place			

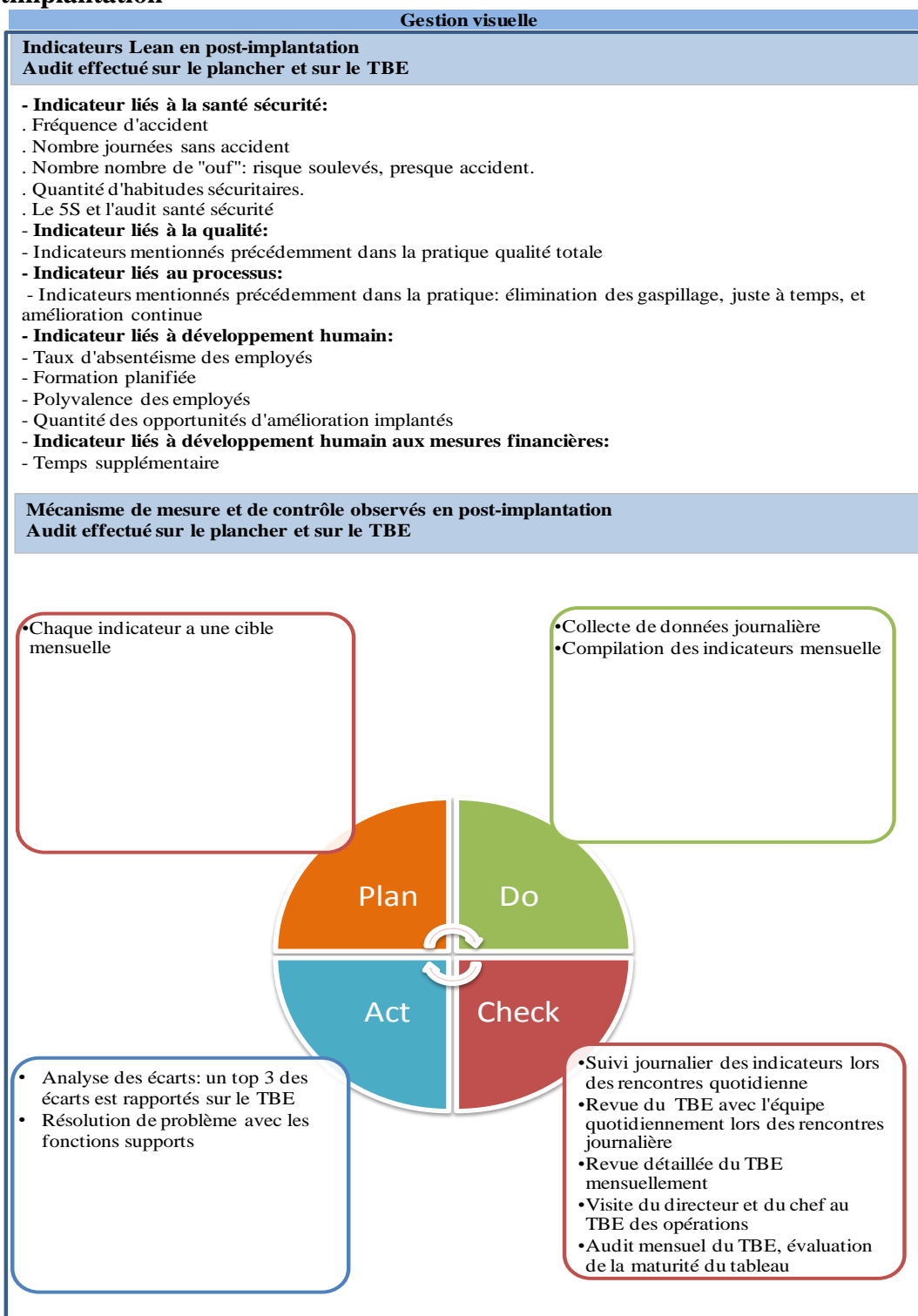
5.2.3 L'affichage visuel				1	2	3
1	I	Inexistant	Les tableaux d'affichage n'existent pas dans la cellule			
2	E	Existant	Les tableaux d'affichage existent mais les informations affichés ne sont pas adéquate et ne sont pas mis à jour			
3	M	Méthode	Les tableaux d'affichage sont mis à jour partiellement			
4	S	Systématique	Les tableaux sont à jour, bien présentés et suivis	4	4	4
5	E	Exemplarité	les tableaux ont un aspect attrayant, ils sont bien présentés, toujours à jour, suivi continuellement et servent de zones de communication pour les employés, les gestionnaires et les fonctions supports (exemple la maintenance lors d'un problème sur les machines). PDCA mis en place			

(1) niveau de maturité en préimplantation; (2) : niveau de maturité six mois en postimplantation; (3) : niveau de maturité deux ans en postimplantation

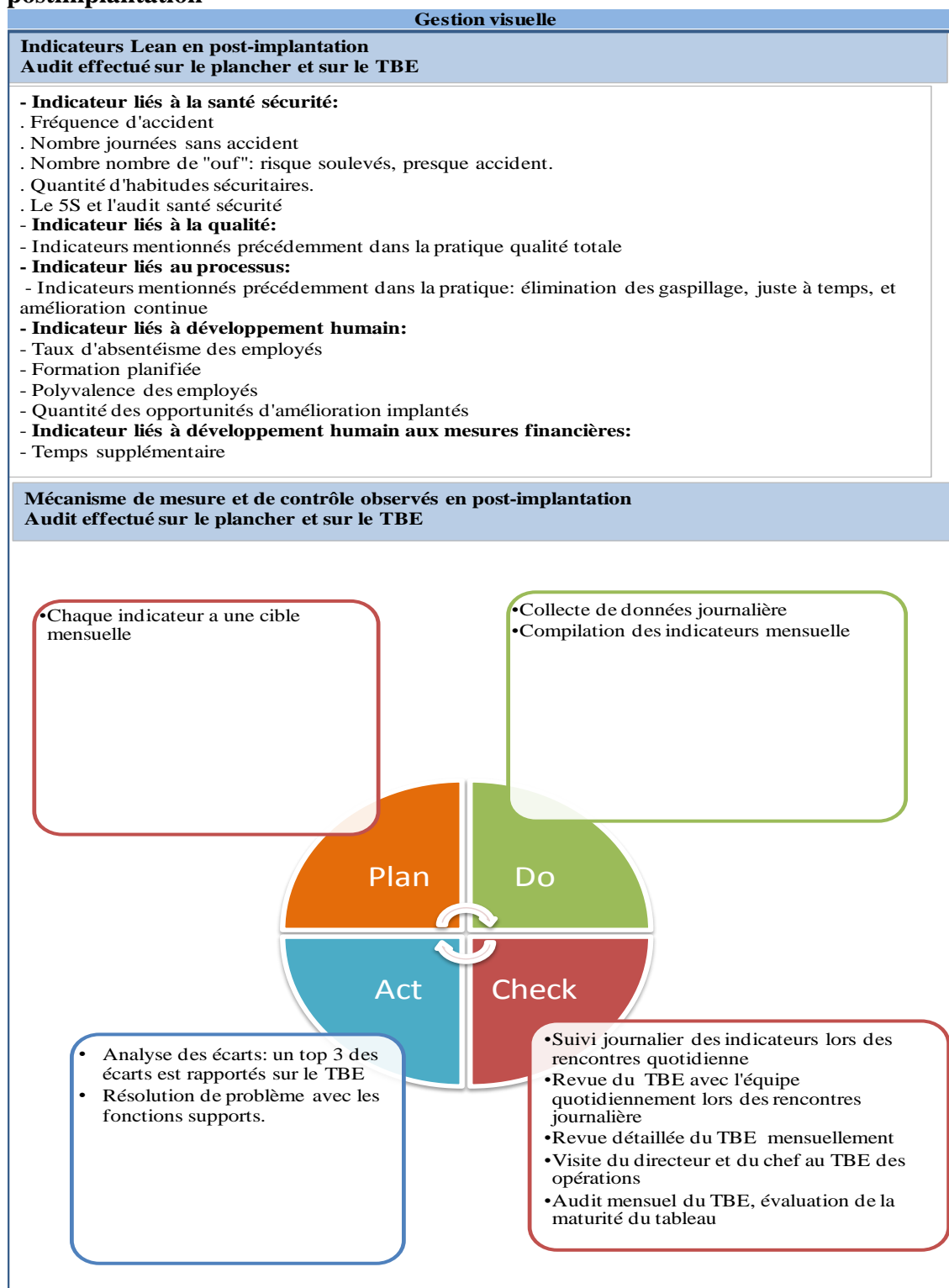
Résultats du mécanisme de mesure du cinquième concept Lean commun en préimplantation



Résultats du mécanisme de mesure du cinquième concept Lean commun six mois en postimplantation



Résultats du mécanisme de mesure du cinquième concept Lean commun deux ans en postimplantation



Résultats du niveau de maturité du sixième concept Lean commun

6. Développement humain						
6.1 Les employés sont polyvalents				1	2	3
1	I	Inexistant	Aucune gestion des compétences et de la polyvalence des employés n'existe.			
2	E	Existant	Une matrice de polyvalence des employés est en développement			
3	M	Méthode	La matrice de polyvalence est utilisée et affichée.	3		
4	S	Systematique	Les employés sont polyvalents et se partagent les tâches (exemple: les machinistes font des opérations secondaire et de même pour les opérateurs du poste secondaire qui travaillent également sur les machines)		4	
5	E	Exemplarité	Un plan de formation pour les employés existe pour améliorer les compétences des employés. PDCA mis en place			5

(1) niveau de maturité en préimplantation; (2) : niveau de maturité six mois en postimplantation; (3) : niveau de maturité deux ans en postimplantation

Résultats du niveau de maturité du sixième concept Lean commun

6.2La santé sécurité							
6.2.1 La gestion et la sensibilisation de la santé sécurité					1	2	3
1	I	Inexistant	Aucune gestion visuelle de la santé-sécurité n'est mis en place				
2	E	Existant	Des affiches visuelles de sécurité signalant les dangers dans le secteur. Les secouristes sont identifiés				
3	M	Méthode	Les affiches visuelles de sécurité sont à jour , les employés utilisent ces signaux visuels dans leur travail				
4	S	Systématique	Des formations en santé-sécurité sont données aux employés à une fréquence adéquate. Le gestionnaire fait du renforcement sur le plancher de production				
5	E	Exemplarité	La santé sécurité est traitée comme la priorité numéro-1 du centre d'usinage, des indicateurs de mesure tel que le nombre d'accident existe et sont visible dans la cellule. Des affiches de sensibilisation existe. Un conseiller en santé-sécurité est disponible pour répondre aux questionnement des employés et pour faire de la prévention.Il y a peu d'accident dans la cellule. PDCA mis en place		5	5	5

(1) niveau de maturité en préimplantation; (2) : niveau de maturité six mois en postimplantation; (3) : niveau de maturité deux ans en postimplantation

Résultats du niveau de maturité du sixième concept Lean commun

6.2.2 Le port des équipements de protection individuelle				1	2	3
1	I	Inexistant	Les équipements de protection individuelle ne sont pas utilisés par les employés (exemple: lunette de sécurité, chaussures de sécurité, gants...)			
2	E	Existant	Les équipements de protection sont utilisés seulement dans certains endroits, de nombreuses personnes ne portent pas l'équipement de sécurité			
3	M	Méthode	Les employés portent l'équipement de sécurité, occasionnellement 1 ou 2 personnes ne les ont pas			
4	S	Systématique	Tous les employés portent les équipements de sécurité			
5	E	Exemplarité	Tous les employés portent les équipements de sécurité. un suivi est effectué auprès des employés, un renforcement est souvent effectué par les gestionnaires et les employés. Les pratiques et comportements non-sécuritaire sont identifiés, mesurés, affichés, communiqués et expliqués. PDCA mis en place	5	5	5

(1) niveau de maturité en préimplantation; (2) : niveau de maturité six mois en postimplantation; (3) : niveau de maturité deux ans en postimplantation

Résultats du niveau de maturité du sixième concept Lean commun

6.2.3 Allée de circulation				1	2	3
1	I	Inexistant	Pas de bandes de sécurité pour les allées de circulation			
2	E	Existant	Des allées de circulation, des bandes de sécurité délimitent les allées mais elles sont encombrées et pas nettoyés			
3	M	Méthode	Les allées sont correctement dégagées et nettoyées			
4	S	Systématique	Les allées sont nettoyées régulièrement et tenues propres			
5	E	Exemplarité	Les allées sont tenues propres, un audit de propreté des est tenu de façon régulière. PDCA mis en place	5	5	5

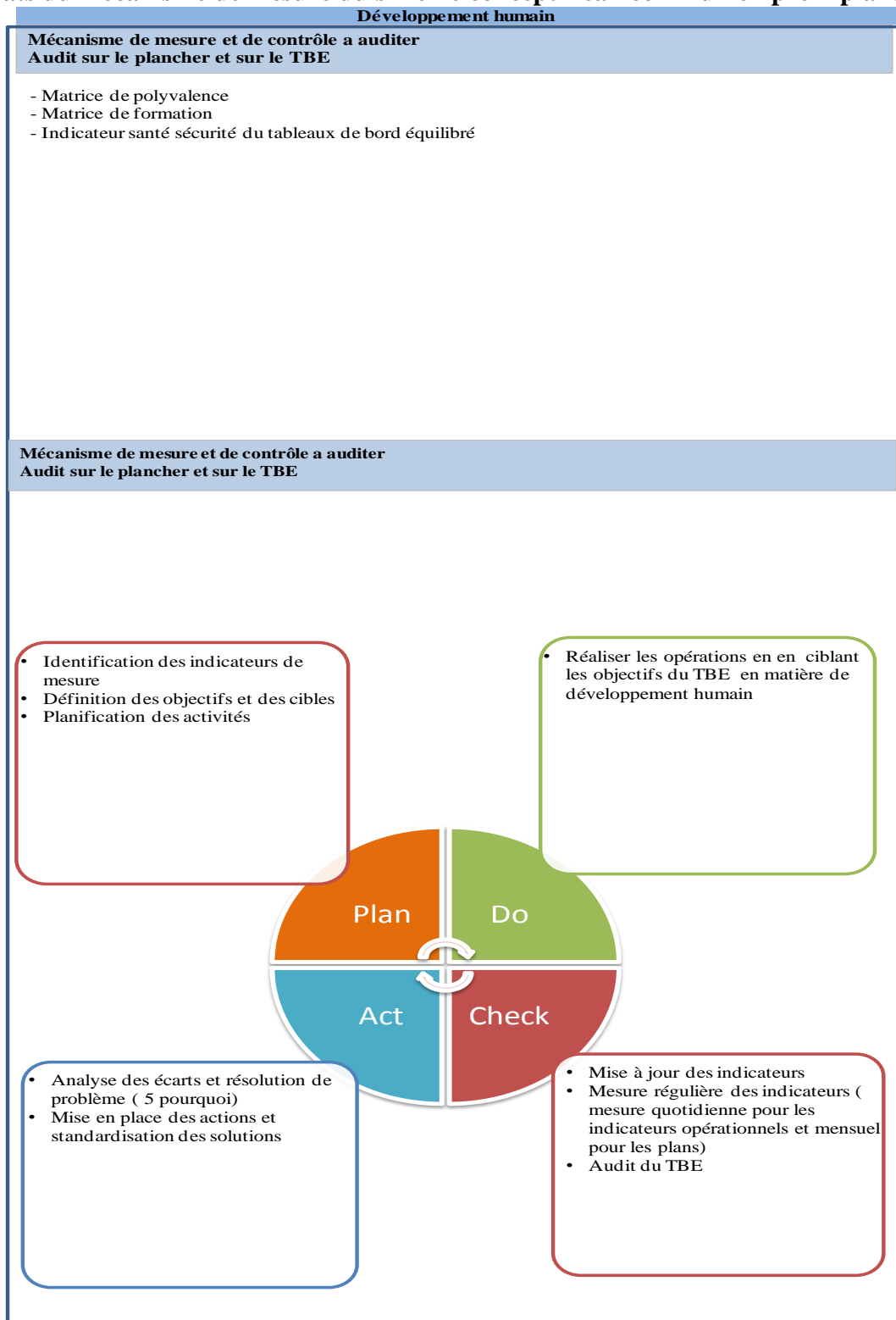
(1) niveau de maturité en préimplantation; (2) : niveau de maturité six mois en postimplantation; (3) : niveau de maturité deux ans en postimplantation

Résultats du niveau de maturité du sixième concept Lean commun

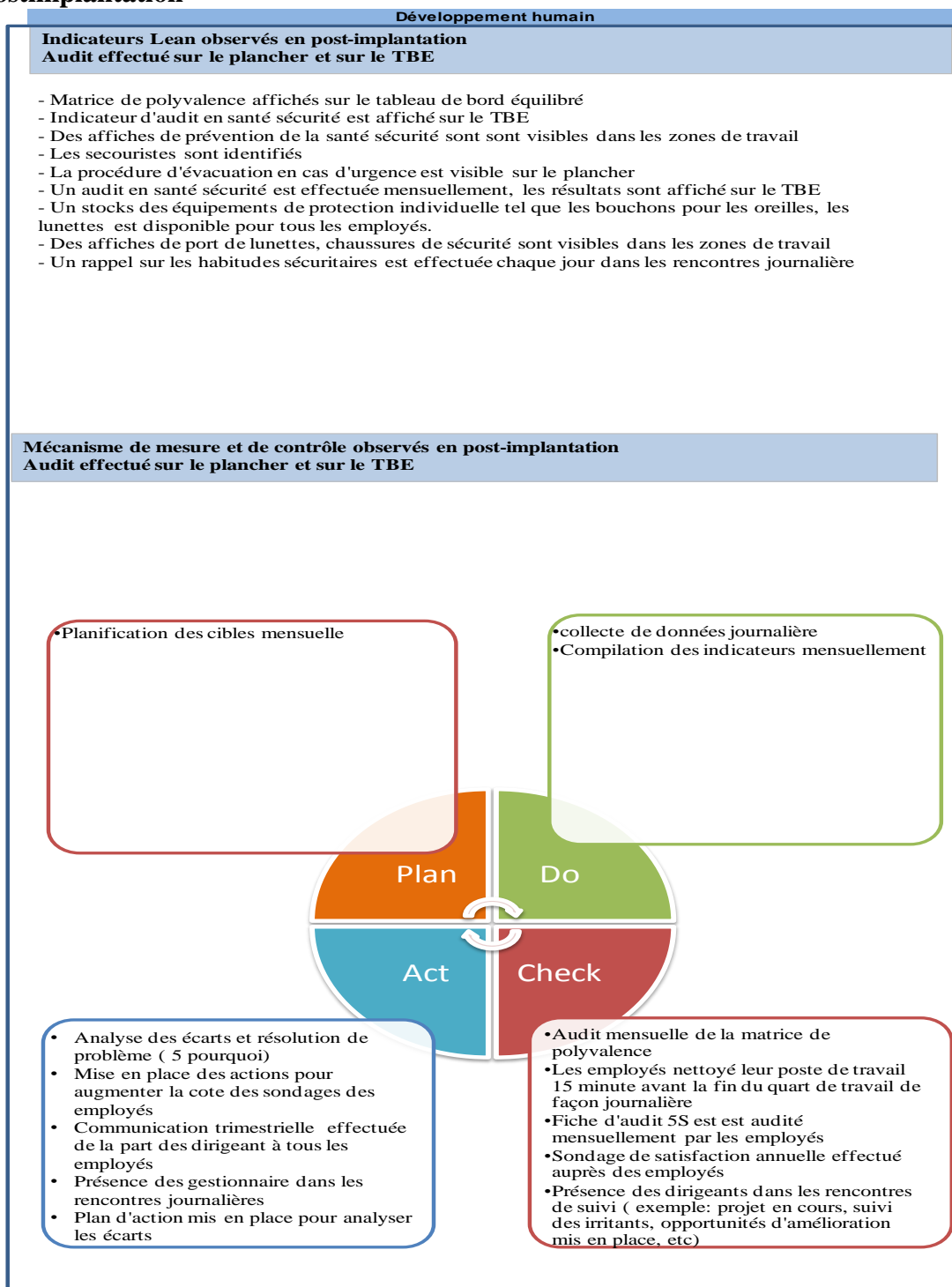
6.3 L'engagement des dirigeants				1	2	3
1	I	Inexistant	Les dirigeants ne sont pas présents dans les activités et/ ou projets qui se déroulent dans le centre d'usinage			
2	E	Existant	La direction s'intéresse aux activités et aux projets mais s'implique très peu (exemple: n'assiste pas aux rencontres de communication, n'assiste aux rencontres de lancement des Kaizen)			
3	M	Méthode	La direction a une bonne connaissance des projets, mets en place une équipe pour supporter les projets, assiste aux rencontres de lancement et de fermeture des projets et des Kaizen			
4	S	Systématique	La direction participe activement dans les rencontres de suivi, les communications, elle assure le suivi et le maintien des solutions mises en place.			
5	E	Exemplarité	La direction inclus les projets de la cellule dans la planification annuelle, assure le suivi auprès des gestionnaires et des employés, participe activement dans les rencontres et communique l'importance des activités et/ou des projets. Fournit les outils matériels et humains nécessaires pour la réussite des projets et s'assure du maintien des actions mises en place. PDCA mis en place	5	5	5

(1) niveau de maturité en préimplantation; (2) : niveau de maturité six mois en postimplantation; (3) : niveau de maturité deux ans en postimplantation

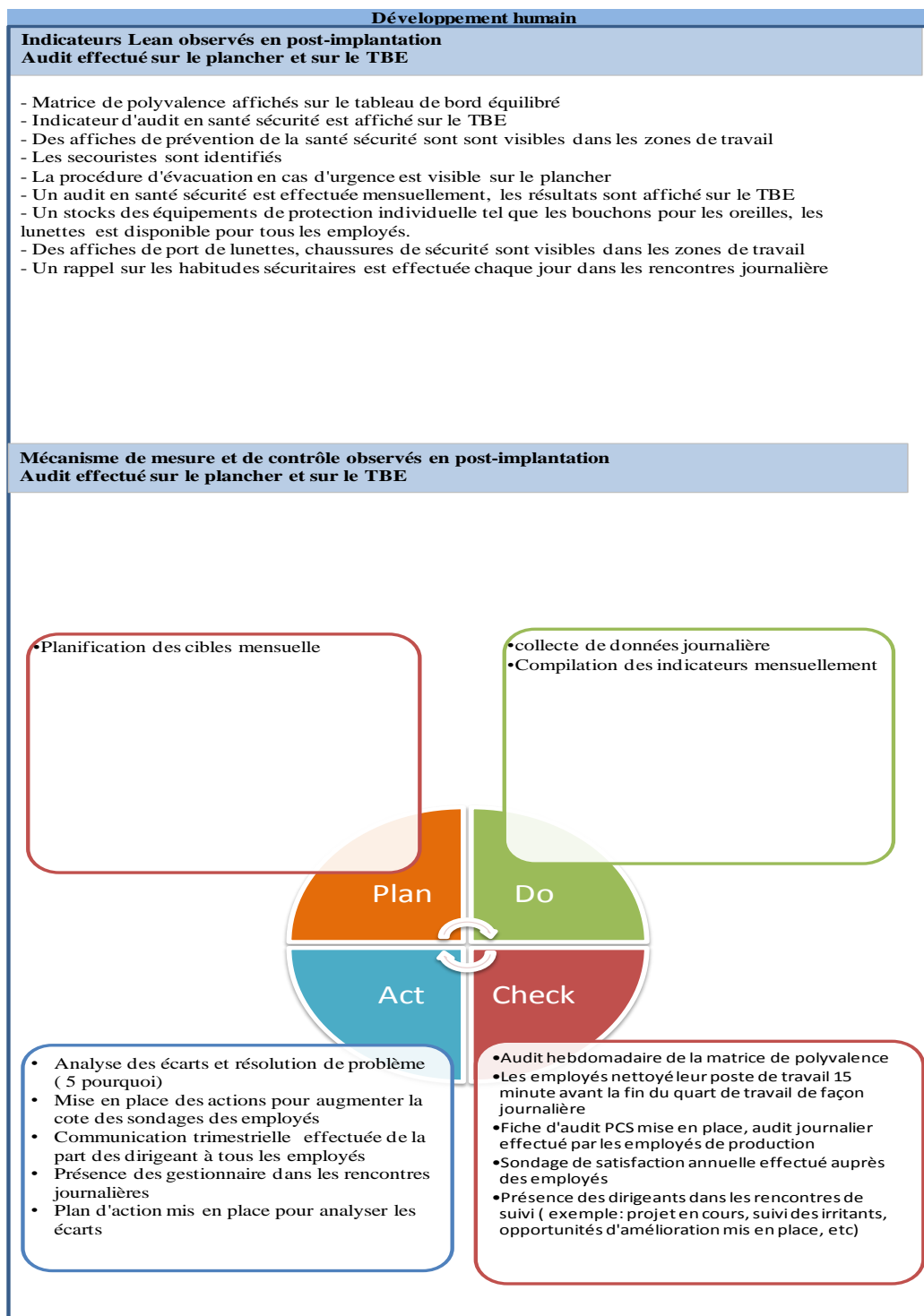
Résultats du mécanisme de mesure du sixième concept Lean commun en préimplantation



Résultats du mécanisme de mesure du sixième concept Lean commun six mois en postimplantation



Résultats du mécanisme de mesure du sixième concept Lean commun deux ans en postimplantation



ANNEXE B- ENQUÊTE PAR QUESTIONNAIRE



Participation à une enquête par questionnaire dans le cadre d'un projet de recherche

École Polytechnique de Montréal

Le présent questionnaire est effectué dans le cadre d'un projet de recherche de Maîtrise de l'École Polytechnique de Montréal. Ce travail vise à quantifier les concepts Lean Manufacturing suite au projet d'optimisation du centre d'usinage.

Veuillez lire attentivement les questions et répondre au meilleur de vos connaissances. Il n'y a pas de bonne ou de mauvaise réponse.

Les réponses ainsi que les données recueillies lors de cette enquête seront confidentielles et utilisées uniquement à des fins de recherche. Les réponses serviront uniquement de façon anonyme à la rédaction du projet de recherche.

N'hésitez pas à prendre contact avec moi si vous avez des questions ou pour plus de clarification.

Votre support et votre participation seront très appréciés.

Myriam Moknine

Étudiante à la maîtrise recherche (M.Sc.A.) en génie industriel

École Polytechnique de Montréal

Courriel : myriam.moknine@polymtl.ca

QUESTIONNAIRES D'ENTRETIEN**Section 1. Variables sociodémographiques**

1.1 Êtes-vous?

Un homme

☐

Une femme

☐

1.2 Quel âge avez-vous?

.....ans

1.3 Quel est votre titre professionnel?

.....

1.4 Depuis combien de temps travaillez-vous chez Bombardier Aéronautique?

.....an(s) etmois

1.5 Depuis combien de temps supportez-vous les activités du centre d'usinage?

.....an(s) etmois

1.6 Travaillez-vous le plus régulièrement au quart de jour ou de soir ?

Jour

☐

Soir

☐

1.7 Combien d'heures travaillez-vous en moyenne par semaine (incluant le temps supplémentaire)?

.....heures

Section 2. Information sur le niveau de satisfaction du projet d'optimisation du centre d'usinage

2.1 Comment évaluez-vous votre niveau de satisfaction global du projet d'optimisation du centre d'usinage?

Très
satisfait

☐

Satisfait

☐

Neutre

☐

Insatisfait

☐

Très
insatisfait

☐

2.3 Commentaires :

.....

.....

.....

.....

Section 3. Information sur les résultats du projet

3.1 Avez-vous constaté des améliorations en matière de santé-sécurité suite à l'implantation du projet?

Oui

☐

Non

☐

3.1.1 Si oui, lesquelles?

.....

.....

.....

.....

3.2 Avez-vous constaté des détériorations en lien avec la santé et sécurité suite à l'implantation du projet?

Oui

☐

Non

☐

3.2.1 Si oui, lesquelles?

.....

.....

.....

.....

3.3 Avez-vous constaté des améliorations du temps de cycle?

Oui

☐

Non

☐

3.3.1 Si oui, de combien?

Réduction entre 1 et 10 %, réduction entre 11-20 %, réduction entre 21 et 50 %, réduction entre 51 et 75 %, réduction de plus de 75 %.

.....%

3.4 Avez-vous constaté des réductions de la quantité des inventaires?

Oui

☐

Non

☐

3.4.1 Si oui, de combien?

Réduction entre 1 et 10 %, réduction entre 11 et 20 %, réduction entre 21 et 50 %, réduction entre 51 et 75 %, réduction de plus de 75 %.

.....%

3.5 Avez-vous constaté des améliorations de la qualité?

Oui

☐

Non

☐

3.5.1 Si oui, pouvez-vous citer ces améliorations?

.....

.....

.....

3.6 Avez-vous constaté des améliorations de la polyvalence des employés?

Oui

☐

Non

☐

3.7 Quels sont les impacts positifs du projet?

.....
.....
.....
.....

3.8 Quels sont les facteurs de succès du projet?

.....
.....
.....
.....

3.9 Quels sont les impacts négatifs du projet?

.....
.....
.....
.....

3.10 Quels sont les facteurs d'insuccès du projet?

.....
.....
.....
.....

Section 4. Information sur l'approche Lean

4.1 Savez-vous que l'approche utilisée dans le projet d'optimisation du centre d'usinage est une approche Lean?

Oui

☐

Non

☐

4.2 Avez-vous déjà entendu parler de l'approche Lean dans votre organisation?

Oui

☐

Non

☐

4.3 Est-ce qu'une formation Lean vous a été donnée dans le cadre du projet d'optimisation du centre d'usinage?

Oui

☐

Non

☐

4.3.1 Si oui, combien de temps?

.....heures, jour(s)

4.4 Comment définiriez-vous l'approche Lean Manufacturing?

.....

.....

.....

.....

4.5 Citez les outils/concepts qui ont été mis en place.

Concepts Lean	Outils	
Élimination des gaspillages	L'analyse de la valeur et l'élimination des gaspillages	<input type="checkbox"/>
	La cartographie de la chaîne de valeur (VSM)	<input type="checkbox"/>
Autres :		
Juste-à-temps	Le flux tiré	<input type="checkbox"/>
	Le flux pièce à pièce « One Piece Flow »	<input type="checkbox"/>
	L'optimisation des temps de mise en route (<i>Set-up</i>)	<input type="checkbox"/>
	L'ordonnancement et le nivellement du volume de production	<input type="checkbox"/>
Autres :		
Amélioration continue	Le programme d'amélioration continue « Kaizen »	<input type="checkbox"/>
	La mesure de la performance	<input type="checkbox"/>
Autres :		
Qualité totale	Le travail standardisé	<input type="checkbox"/>
	Le dispositif antierreur « Poka-Yoké »	<input type="checkbox"/>
	La maintenance préventive « TPM »	<input type="checkbox"/>

	L'analyse des causes racines	<input type="checkbox"/>
	Andon	<input type="checkbox"/>
Autres :		
Gestion visuelle	Les indicateurs du tableau de bord	<input type="checkbox"/>
	Le 5S	<input type="checkbox"/>
Autres :		
Développement humain	La polyvalence des employés	<input type="checkbox"/>
	La prévention de la santé et sécurité des employés	<input type="checkbox"/>
Autres :		

Autres concepts/outils Lean mis en place :		
--	--	--

Section 5. Information sur la participation au projet

5.1 Faisiez-vous partie de l'équipe de projet ?

Oui

☐

Non

☐

5.2 À quelle fréquence approximative aviez-vous des réunions pour le projet ?

Jamais

☐

Environ
chaque mois

☐

Environ à chaque
deux semaines

☐

Environ à chaque
semaine

☐

Plus d'une fois
par semaine

☐

Autres fréquences?

5.3 Quel était votre niveau de motivation au départ pour participer au projet?

Pas du tout
motivé

☐

Peu motivé

☐

Assez motivé

☐

Très motivé

☐

5.3.1 Quelles étaient les raisons?

.....

.....

.....

.....

5.4 Quel était votre niveau de motivation pour participer tout au long du projet?

Pas du tout
motivé

☐

Peu motivé

☐

Assez motivé

☐

Très motivé

☐

5.4.1 Quelles étaient les raisons?

.....

.....

.....

.....

5.5 Quel était votre niveau de motivation pour participer à la fin du projet?

Pas du tout
motivé

☐

Peu motivé

☐

Assez motivé

☐

Très motivé

☐

5.5.1 Quelles étaient les raisons?

.....

.....

.....

.....

Section 6. Information sur le support de la direction et des gestionnaires dans le projet

Pour chaque affirmation, veuillez indiquer votre niveau d'accord ou de désaccord.

	Fortement en désaccord	En désaccord	D'accord	Fortement d'accord
6.1 La direction soutenait le projet du début à la fin				
6.2 La direction était impliquée dans la réalisation du projet				
6.3 Le chef de département soutenait le projet				
6.4 Le chef de département était impliqué dans la réalisation du projet				
6.5 Je soutenais le projet				
6.6 J'étais impliqué dans la réalisation du projet				

6.7 Commentaires :

.....

.....

.....

Section 7. Information sur la communication du projet

Pour chaque affirmation, veuillez indiquer votre niveau d'accord ou de désaccord.

	Fortement en désaccord	En désaccord	D'accord	Fortement d'accord
7.1 Le projet effectué m'a été clairement présenté du début à la fin				
7.2 L'avancement du projet était régulièrement communiqué				

Commentaires :

.....

.....

.....

.....

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There is no handwriting or other markings on the paper.

ANNEXE C – RÉSULTATS DÉTAILLÉS DE L'ENQUÊTE PAR QUESTIONNAIRE

Nombre de réponses

	Fréquence	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Centre d'usinage	9	100%	9	9

1.1 Êtes-vous?

	Fréquence	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Homme	9	100	100	100
Femme				
Total	9	100%	100%	

1.2 Quel âge avez-vous?

N	9
Non-répondu	0
Moyenne	45.00
Médiane	47.00
Ecart-type	7.47
Minimum	28
Maximum	53

1.3 Quel est votre titre professionnel?

	Fréquence
Directeur	1
Chef de service	1
Superviseur	1
Chef d'équipe	2
Opérateur de production	3
Conseiller en santé, sécurité et environnement	1
Total	9

1.4 Depuis combien de temps vous travaillez chez Bombardier Aéronautique?

N	9
Non-répondu	0
Moyenne	21.73
Médiane	25.00
Écart-type	8.43
Minimum	6
Maximum	33

1.5 Depuis combien de temps vous supportez les activités du centre d'usinage?

N	9
Non-répondu	0
Moyenne	6.72
Médiane	2.50
Écart-type	9.87
Minimum	0.17
Maximum	25

1.6 Travaillez-vous le plus régulièrement au quart de jour ou de soir ?

	Fréquence
Jour	8
Soir	1
Total	9

1.7 Combien d'heures travaillez-vous en moyenne par semaine (incluant le temps supplémentaire)?

N	9
Non-répondu	0
Moyenne	45.89
Médiane	45
Ecart-type	5.04
Minimum	40
Maximum	55

2.1 Comment évaluez-vous votre niveau de satisfaction global du projet d'optimisation du centre d'usinage?

	Fréquence
Très satisfait	6
Satisfait	3
Total	9

3.1 Avez-vous constaté des améliorations en matière de santé-sécurité suite à l'implantation du projet?

	Fréquence
Oui	8
Non	1
Total	9

3.1.1 Si oui, lesquelles?

Ergonomie reliée à la réduction de la manutention manuelle des pièces avec l'utilisation des différents convoyeurs

Amélioration de la qualité de l'air aux postes d'ébavurage avec des tables d'aspiration efficaces et sécuritaires pour la récupération des poussières d'aluminium.

Sécurité globale des systèmes automatisés (rideaux optiques de sécurité, portes interverrouillées, contrôles et arrêts d'urgence, etc.).

Manipulation des matières, peu de stocks entreposés sur le plancher de production

Le nouvel aménagement minimise les déplacements et les manutentions, les matières premières ne traînent pas sur le plancher et sont acheminées à la bonne place

Les employés nettoient plus le plancher de production, il y a des bacs de rebuts disponibles, l'aménagement est efficace

Il y a moins de manipulation, on suit le système FIFO de l'arrivée des matières et des pièces, on a plus d'espace

L'amélioration de la polyvalence des employés aide à ménager les efforts aux épaules et aux coudes pour les opérations répétitifs du poste secondaire.

3.2 Avez-vous constaté des détériorations de la qualité suite à l'implantation du projet

	Fréquence
Oui	1
Non	8
Total	9

3.2.1 Si oui, lesquelles?

l'emplacement est plus petit et les espaces sont parfois encombrés
Risque de chute pour les nouvelles personnes. Par contre, nous avons mis en place du marquage au sol afin de contrer ce risque
Certaines problématiques existantes avant le projet n'ont pu être corrigées. Par exemple, le renversement des grandes pièces entre les stages d'usinage est toujours problématique ainsi que le nettoyage du dessous des fixtures. Par contre, il ne s'agit pas de détériorations par rapport à la situation initiale.

3.3 Avez-vous constaté des améliorations du temps de cycle?

	Fréquence
Oui	6
Non	1
Total	7
Non-répondu / Ne sais pas	2
Total	9

3.3.1 Si oui, de combien?

	Fréquence
Réduction entre 11-20 %	1
Réduction entre 21-50 %,	2
Réduction de plus de 75 %	2
Total	5
Non-répondu / Ne sais pas	4
Total	9

3.4 Avez-vous constaté des réductions de la quantité des inventaires?

	Fréquence
Oui	9
Total	9

3.4.1 Si oui, de combien?

	Fréquence
Réduction entre 11-20 %	2
Réduction entre 21-50 %,	4
Réduction de plus de 75 %	1
Total	7
Non-répondu / Ne sais pas	2
Total	9

3.5 Avez-vous constaté des améliorations de la qualité?

	Fréquence
Oui	3
Non	4
Total	7
Non-répondu / Ne sais pas	2
Total	9

3.5.1 Si oui, pouvez-vous citer ces améliorations?

La disponibilité des outils, le 5S et la gestion visuelle améliore la qualité.
Aussi, le fait que les employés font moins de manipulation et moins d'accumulation de WIP sur le plancher de production

On reçoit la matière au bon emplacement, il y a moins de risque d'erreur pour les opérateurs

Nous recevons un bon service du département de qualité

3.6 Avez-vous constaté des améliorations de la polyvalence des employés?

	Fréquence
Oui	8
Non	1
Total	9

3.7 Quels sont les impacts positifs du projet?

Les opérations secondaires ne sont pas ma formation d'origine, mais depuis le projet j'ai des personnes qui m'encadrent et à chaque fois j'ai besoin d'aide, ces personnes sont présentes pour répondre à mes questions. La documentation est disponible.
l'erreur a diminué grâce à la disponibilité des bons outils de travail.
Nous n'avions pas de formation avant, maintenant nous l'avons
c'est plus agréable à travailler
Les employés suivent un système FIFO sur toute la ligne de production
Les indicateurs visuels tels que la GPAO nous aident à suivre nos priorités
Réduction du WIP
Amélioration de la santé sécurité
Augmentation de la capacité des machines
Réduction du temps de cycle
Amélioration de la polyvalence des employés
Réduction de la non-qualité
Réduction de la manutention
Amélioration du flux visuels
Agir rapidement à l'aide du Andon
Mise en place du TPM: meilleur planification, cela nous aide à avoir une régularité au niveau de la fiabilité des machines. Depuis le TPM, les machines sont rarement arrêtées
Ordonnancement de la matière
Les employés respectent l'ordonnancement. Avant, ils choisissaient les pièces et décidaient des priorités, plus maintenant
Les employés respectent la polyvalence. C'est le chef d'équipe qui s'assure du roulement des employés à l'aide d'une matrice mais souvent les employés n'ont pas besoin d'encadrement. Ils demandent par eux même de changer de poste de travail
Les 2 stations de montage étant sur la même plate-forme, les employés peuvent s'aider mutuellement. Le même convoyeur dirige la matière première aux 2 stations de montage et les employés de la cellule peuvent ainsi bien gérer et balancer leurs montages en fonction des pièces en attente sur le convoyeur.

3.8 Quels sont les facteurs de succès du projet?

Communication, entraide et le travail d'équipe
L'implication de plusieurs équipes dont les employés de production
Suivi et <i>Leadership</i>
Équipe de projet dédié par la direction
Mandat Clairement défini
Disponibilité des fonds d'investissement. Souvent on a des bonnes idées mais pas les moyens pour les réaliser
Le travail d'équipe entre logistique et production afin de niveler la quantité de matière et la régularité des pièces sur le plancher de production
C'est un succès car on se rend compte qu'il y a un bénéfice. Les gens voient que ça marche et que ça fonctionne bien, ils ne se cassent pas la tête. Les employés embarquent quand il voient qu'il y a un bénéfice et que ça fonctionne
l'engagement des employés
La communication avant, pendant et après le projet
Participation des employés à toutes les étapes du projet
Consultation des parties prenantes et services-support également à toutes les étapes du projet.
Explication des objectifs et des concepts du Lean Manufacturing dès la présentation du mandat du projet avec les employés et les services.

3.9 Quels sont les impacts négatifs du projet?

Je n'en vois pas
Il y a encore des choses à améliorer telles que le support du transport ou l'amélioration du flux tiré
Le temps de setup a augmenté dans certaine situation
Frustrations de certaines personnes parce qu'elles n'étaient pas toute impliquées dans le projet et par rapport au changement de leurs méthodes de travail
Parfois on manque de matière première pour compléter notre quart de travail, les machines arrêtent et on est transféré sur d'autres postes. La logistique nous envoie juste le requis en fonction des postes d'assemblage
La gestion de changement pendant le processus de gestion de projet.
Insécurité des gens face aux changements mais avec une bonne communication, on arrive à le contrer
À certains moments, la plate-forme de travail est souvent encombrée par beaucoup de matériel au plancher (gabarits, pièces entre 2 stages, chevalets, etc.). Il manque ainsi d'espace pour effectuer certaines opérations comme les revirements de stages et le nettoyage des fixtures.

3.10 Quels sont les facteurs d'insuccès du projet?

Je n'en vois pas
Pousser davantage nos façons de faire
Manque de budget pour mettre en place d'autres améliorations. C'est difficile de justifier l'investissement des améliorations Lean
Quelques idées tels que l'installation d'un système Laser, n'ont pas été implantés et qui faisait partie du mandat initial du projet
Coordination avec tous ce qui est approvisionnement de matière première et production
Parfois il y a une accumulation de WIP
Fonctionner le plus possible en flux tiré. Nous avons un aménagement qui le permet.
La communication toujours plus difficile aux autres employés non impliqués par les ateliers et les consultations. De plus, avec le mouvement de personnel, les nouveaux employés affectés à la cellule ne sont pas toujours bien informés des raisons de certains aménagements.

4.1 Savez-vous que l'approche utilisée dans le projet d'optimisation du centre d'usinage est une approche Lean?

	Fréquence
Oui	5
Non	2
Total	7
Non-répondu / Ne sais pas	2
Total	9

4.2 Avez-vous déjà entendu parler de l'approche Lean dans votre organisation?

	Fréquence
Oui	5
Non	2
Total	7
Non-répondu / Ne sais pas	2
Total	9

4.3 Est-ce qu'une formation Lean vous a été donnée dans le cadre du projet d'optimisation du centre d'usinage?

	Fréquence
Oui	3
Non	4
Total	7
Non-répondu / Ne sais pas	2
Total	9

4.3.1 Si oui, combien de temps?

N	2
Non-répondu / Ne sais pas	3
Moyenne	4
Médiane	4
Ecart-type	4.2
Minimum	1
Maximum	7

4.4 Comment définiriez-vous l'approche Lean Manufacturing?

Optimiser les opérations à valeur ajoutée en privilégiant un flux tiré, uniforme, visuel et avec le moins d'interférences possibles tout en éliminant le plus possible les activités sans valeur ajoutée et le gaspillage sous toute ses formes.
Principes de Génie Industriel
Flux tiré, flux de travail optimisé de la matière et de la main d'œuvre
Travail d'équipe et Kaizen
Bonne Planification du côté de la logistique afin d'éviter la perte de temps
Production fluide en minimisant l'impact sur les opérateurs de production
Ça part du requis d'assemblage, le signal est envoyé, la matière est commandée. Le flux de matières définis à partir du requis d'assemblage
Temps de cycle optimal, bon système manufacturier et bonne coordination entre les intervenants
Contrôle du in et out, on suite le processus du début à la fin, recevoir la matière en juste à temps, suivre le temps de cycle
C'est d'avoir juste ce qu'on a besoin au moment où on en a besoin. Cela inclus les outils et la matière première
Être efficace et enlever tous ce qui est superflux

4.5 Citez les outils/concepts qui ont été mis en place?

Concepts Lean	Outils	Fréquence
Élimination des gaspillages	L'analyse de la valeur et l'élimination des gaspillages	6
	La cartographie de la chaîne de valeur (VSM)	7
Juste-à-temps	Le flux tiré	5
	Le flux pièce à pièce « One Piece Flow »	8
	L'optimisation des temps de mise en route (<i>Set-up</i>)	7
	L'ordonnancement et le nivellement du volume de production	9
Amélioration continue	Le programme d'amélioration continue « Kaizen »	8
	La mesure de la performance	9
Qualité totale	Le travail standardisé	8
	Le dispositif anti-erreur « Poka-Yoké »	7
	La maintenance préventive « TPM »	9
	L'analyse des causes racines	9
	Andon	9
Gestion visuelle	Les indicateurs du tableau de bord	9
	Le 5S	8
Développement humain	La polyvalence des employés	9
	La prévention de la santé et sécurité des employés	9

5.1 Faisiez-vous partie de l'équipe de projet ?

	Fréquence
Oui	6
Non	3
Total	9

5.2 À quelle fréquence approximative avez-vous des réunions pour le projet ?

	Fréquence
Jamais	
Environ chaque mois	
Environ à chaque 2 semaine	2
Environ à chaque semaine	1
Plus d'une fois par semaine	3
Autres	1
Total	7
Non-répondu / Ne sais pas	2
Total	9

5.3 Quels était votre niveau de motivation au départ pour participer au projet?

	Fréquence
Pas du tout motivé	
Peu motivé	2
Assez motivé	1
Très motivé	4
Total	7
Non applicable (ne faisait pas partie de l'équipe de projet)	2
Total	9

5.4 Quel était votre niveau de motivation pour participer tout au long du projet?

	Fréquence
Pas du tout motivé	0
Peu motivé	0
Assez motivé	4
Très motivé	3
Total	7
Non applicable (ne faisait pas partie de l'équipe de projet)	2
Total	9

5.5 Quels était votre niveau de motivation pour participer à la fin du projet?

	Fréquence
Pas du tout motivé	
Peu motivé	
Assez motivé	1
Très motivé	6
Total	7
Non applicable (ne faisait pas partie de l'équipe de projet)	2
Total	9

6.1 La direction soutenait le projet du début à la fin

	Fréquence
Fortement en désaccord	
En désaccord	
D'accord	6
Fortement d'accord	2
Total	8
Non applicable (ne faisait pas partie de l'équipe de projet)	2
Total	10

6.2 La direction était impliquée dans la réalisation du projet

	Fréquence
Fortement en désaccord	
En désaccord	
D'accord	6
Fortement d'accord	1
Total	7
Non applicable	2
(ne faisait pas partie de l'équipe de projet)	
Total	9

6.3 Le chef de département soutenait le projet

	Fréquence
Fortement en désaccord	
En désaccord	
D'accord	5
Fortement d'accord	2
Total	7
Non applicable	2
(ne faisait pas partie de l'équipe de projet)	
Total	9

6.4 Le chef de département était impliqué dans la réalisation du projet

	Fréquence
Fortement en désaccord	1
En désaccord	
D'accord	5
Fortement d'accord	1
Total	7
Non applicable	2
(ne faisait pas partie de l'équipe de projet)	
Total	9

6.5 Je soutenais le projet

	Fréquence
Fortement en désaccord	0
En désaccord	0
D'accord	4
Fortement d'accord	2
Total	6
Non applicable (ne faisait pas partie de l'équipe de projet)	2
Total	8

6.6 j'étais impliqué dans la réalisation du projet

	Fréquence
Fortement en désaccord	0
En désaccord	
D'accord	4
Fortement d'accord	2
Total	6
Non applicable (ne faisait pas partie de l'équipe de projet)	2
Total	8

7.1 Le projet effectué m'a été clairement présenté du début à la fin

	Fréquence
Fortement en désaccord	
En désaccord	
D'accord	2
Fortement d'accord	5
Total	7
Non applicable (ne faisait pas partie de l'équipe de projet)	2
Total	9

7.2 L'avancement du projet était régulièrement communiqué

	Fréquence
Fortement en désaccord	
En désaccord	1
D'accord	3
Fortement d'accord	3
Total	7
Non applicable (ne faisait pas partie de l'équipe de projet)	2
Total	9

ANNEXE D – COMMENTAIRES SUPPLÉMENTAIRES DE L'ENQUÊTE

Niveau de satisfaction du projet

« La plupart des projets que j'ai vu ne se sont pas réalisés. Le projet du centre d'usinage est différent des autres. Les gestionnaires ont mis plus d'emphasis sur le projet, ils n'ont pas eu peur de mettre du budget. Les gestionnaires nous supportent dans nos initiatives, j'ai présenté il y a quelques semaines un projet de racking pour améliorer la santé sécurité, ils ont vérifié que ça avait du bon sens et après deux semaines ils m'ont répondu et ils ont accepté le projet. »

« Le taux de support pendant le quart de jour est différent de celui du quart de soir. Ça prend plus de temps le soir pour qu'on ait du support. »

Directeur de production :

« Aujourd'hui, on a forcé le maintien des améliorations mises en place. La rigidité des infrastructures et la mise en ligne ont forcé ce maintien contrairement à d'autres projets dans d'autres secteurs ou projet Lean. »

« Je suis très satisfait du fonctionnement des flux. Par contre, on a de la difficulté de contrôler le temps de cycle des opérations secondaires. L'indicateur est souvent rouge. Sinon, je suis très satisfait du point de vue fonctionnement, c'est parfait. »

« Je suis très satisfait de ce qu'on vit présentement comparativement à ce qu'in vivait avant. »

« Belle réussite. »

« Très visuels, moins de manipulation pour les employés, les employés surveillent les indicateurs et ne veulent pas être rouge. »

« Ce projet a été fait du début à la fin en collaboration étroite avec les services de support, dont le Service de Santé, Sécurité et Environnement. Le concept initial de l'aménagement de la cellule d'usinage a été développé en atelier avec des employés du secteur ainsi que des représentants de tous les services. Dès les premières ébauches du projet, les enjeux de santé et sécurité ont été examinés afin de réduire les risques au minimum tout en optimisant la productivité, la qualité et la flexibilité de la cellule. »

« Comme le projet combinait l'intégration de plusieurs convoyeurs automatisés pour l'alimentation de la matière première et le transfert des pièces usinées vers les bancs d'ébavurage, un devis technique a été préparé avec soin afin de s'assurer que les concepteurs et intégrateurs du système y réalisent une analyse de risque complète de toutes les étapes et que les équipements et systèmes de sécurité y soient définis à même la conception pour éviter d'avoir à adresser des risques résiduels après l'installation. »

Résultats du projet

Réduction de la quantité des inventaires

« Le roulement des inventaires se fait rapidement. Je ne vois pas de pièces qui restent longtemps sur le plancher. »

La polyvalence des employés

Directeur de production :

« Le flux visuels de la cellule a forcé la polyvalence, cela devient naturel quand les employés voient de l'accumulation de pièces au poste secondaires, ils vont naturellement aider les autres employés. Les objectifs du temps de cycle sont connus et affichés, les employés se challenge beaucoup pour atteindre les objectifs. »

Concepts Lean mis en place

Le juste à temps

« Parfois, il y a des variations dans la quantité de matière et l'ordonnancement, c'est en train de se replacer. »

La qualité totale

« Les employés s'impliquent dans la démarche de résolution de problème. »

« Dès une non qualité il y a une résolution de problème. »

La gestion de la performance

« Beaucoup de communication avec les gestionnaires. »

Andon

« “Ça ne marche plus. »

« Il a fonctionné juste un mois et demi, ensuite c’est tombé à l’eau. »

Gestion visuelle

« À chaque matin le chef d’équipe passe à travers les six leviers du système atteindre l’excellence, les indicateurs du tableau de bord et les écrans d’affichage. »

« La gestion visuelle es très importante, 95% des gens veulent réussir mais ils ne voient pas leurs impacts sur leurs performance. »

« À chaque fois que je vais aller voir l’équipe, ils ont le réflexe de me montrer leur performance sur le tableau de bord. »

« On est capable de gérer les priorités facilement grâce aux indicateurs visuels. »

Autres Concepts / outils Lean mis en place

« PCS : process control système, c’est outils d’audit des lieux de travail qui inclus à la fois le 5S, la santé sécurité des lieux, la qualité, les outils de travail et les indicateurs visuels. À chaque matin chaque employés à chacun son tour audit les lieux de travail. Les employés contrôlent leurs outils et regardent s’ils fonctionnent bien. »

« CSSL : c’est le comité de santé sécurité local ou les les employés du centre d’usinage participent à chaque mois. »

« CLAQ comité local de l’amélioration de la qualité : c’est un comité ou on implique les employés de production et qui se réunit une fois par semaine. Les enjeux qualités sont suivis avec les différentes parties prenantes qui supportent le centre d’usinage»

« SAE système atteindre l’excellence : les employés s’impliquent dans le suivi des indicateurs visuels. À Chaque matin il y a des une rencontre journalière. On forme les employés à faire leurs propres résolutions de problème. »

Facteurs de succès du projet

« Ce projet est un succès. Si je regarde tous les projets dans l’usine, je pense que ce projet est celui qui a le mieux réussi. Dans l’aéronautique, on a de la difficulté à bâtir des flux visuels de certaines composantes complexes, on a beaucoup de contraintes. »

« Je me promène dans l'usine et je ne vois pas clairement les flux. Quand je passe dans la cellule d'usinage, ça me prend 30 secondes pour tous comprendre. Je sais reconnaître les goulots. »

« Tous ce qui requièrent le maintien est difficile, les infrastructures rigides facilitent le maintien et ne dépendent pas de l'humain seulement »

La participation au projet et le niveau de motivation

«J'étais peu satisfait au départ parce que j'avais entendu par le passé et par les autres employés que les projets ne se rendaient pas à terme. J'avais des craintes. Tout au long du projet j'étais très motivé car je me rendais compte que ça avançait et on pouvait avoir des améliorations réelles. À la fin, j'étais très motivé car j'étais confiant de voir la réalisation»

Superviseur de production :

« Au début j'étais peu motivé. Dès que j'ai compris ce qu'on faisait ma motivation a changé. Si on faisait le même projet aujourd'hui je serais le premier au front. »

« À la fin j'étais très motivé quand j'ai vu l'implication de toutes les personnes pour changer la mentalité et faire arriver le projet. »

« Au départ j'étais craintif. »

« Au début j'étais sceptique on le voit comme une charge de travail supplémentaire. On entend souvent parler de beaucoup de projet mais c'est rare qu'on les exécute. Quand les employés voient qu'il y a des résultats ils embarquent À la fin on voit les résultats et on compare le avant et le après et on est content du résultat. »

« Plusieurs opportunités d'améliorer l'ergonomie de cette cellule et d'autres aspects de santé et sécurité. Vu l'importance des changements et le niveau d'automatisation apporté par les convoyeurs, l'aspect de la Sécurité devait être bien intégré dès la conception et cet aspect m'a interpellé dès le début du projet. »

« En raison de la qualité du suivi tout au long du projet et du niveau d'impact des changements envisagés, notre implication était essentielle et on se sentait écouté. Nos recommandations étant reçues et mises en application, le niveau de motivation était maintenu. »

« En raison des impacts positifs apportés par le projet et par conséquent, la valorisation et la fierté venaient avec. »

« Il est difficile de définir le niveau d'implication du Chef et de la Direction, à partir du moment où le budget du projet est défini et approuvé par eux. Le travail se fait beaucoup au niveau du chargé de projet et des participants aux ateliers de travail. La direction a très bien soutenu le projet qui nécessitait de gros investissements, mais leur niveau d'implication dans la réalisation était limité; probablement vu leur niveau de confiance envers l'équipe en place. »

« La fréquence des rencontres, le compte-rendu écrit des réunions et les ordres du jour clairs lors de la planification des rencontres ont contribué largement à une bonne communication tout au long du projet »

La communication du projet

« J'ai bien aimé les réunions de projet. On voyait l'avancement. J'ai été impliqué, même avec les discussions avec les fournisseurs. On a tenu compte de nos suggestions et ils y avait une bonne interaction avec l'équipe. »

Commentaires supplémentaires sur le projet

« C'est la première fois que je vois des améliorations rapides de la santé sécurité, de l'outillages et de la résolution de problème. On a des réponses rapides à tous nos problèmes. Si je compare avec là où j'ai déjà travaillé, un centre d'usinage pareil, on parle parfaitement d'un monde parfaitement différents. On voit le résultat au bout de la ligne. Aussi, la technologie est différente. On a un beau travail d'équipe. »

« Quand on part ce genre de projet, il ne faut pas oublier l'équipe de soir et de nuit. Le quart de soir ne vit pas la même réalité que le quart de jour. La communication prend du temps avant de se rendre au quart de soir, au début c'était ambiguë, on a manqué de communication et de support. »

Directeur de production:des

« Les goulots sont facilement identifiés, ça n'en prend pas grand temps pour les voir. »

« Concernant la gestion, on ne peut pas s'impliquer à 100% dans un projet par manque de temps. J'aurais aimé être impliqué à 100%. »

« Le projet était fantastique, on a eu une belle équipe de travail pour le réaliser, on n'a pas tenu à toutes les idées à cause du budget. »

« C'est un projet super intéressant. On est allé chercher la pleine capacité des machines. »

« Ce qui est dommage, c'est qu'on puisse pas implanter ce genre de projet pour d'autres centres d'usinage et d'autres machines. Aussi, qu'on ne puisse pas contrôler les flux de matière pour supporter la stratégie de flux tiré pour d'autres machines. »

« C'était un projet très bien géré. Je suis très content de qu'on a livré. »

« L'aménagement de la cellule d'usinage avec l'approche du Lean Manufacturing a été un exemple exhaustif et probant d'un projet intégré avec l'implication de tous les services d'une grande entreprise. À la base, les employés impliqués par le changement doivent être écoutés et être partie prenante de ces changements si on veut que ceux-ci perdurent dans le temps. »

« Ce projet présentait plusieurs défis nouveaux car l'approche des convoyeurs n'étaient pas utilisée jusqu'à maintenant dans le secteur de l'usinage. La gestion de changement adressait donc des paradigmes et nous avons pu les éliminer un à un par la compréhension de tous des vrais enjeux de la production à valeur ajoutée. »

« Le rôle de la chargée de projet a ainsi permis de mener à terme ce projet ambitieux avec tous les impacts positifs et les bénéfices engendrés. D'un point de vue santé et sécurité, je considère que ce projet fut un exemple parfait d'intégration de l'ergonomie et tous les autres aspects de santé et de sécurité dès la conception des processus de fabrication. Une fois de plus, on est en mesure de démontrer les liens directs entre un environnement de travail sécuritaire et les gains en efficacité et en qualité par ce projet. »

ANNEXE E – GUIDE D'ENTRETIEN

Appendix A: Survey items

Contextual variables:

How many employees are at this location?

(Less than 100; 100-250; 250-499; 500-999; 1,000 or more)

How many years has it been since plant start-up?

(Less than 5 years; 5-10 years; 11-20 years; More than 20 years)

Approximately what percent of plant production workers is represented by a union (s)?

(None; 1-25%; 26-50%; 51-75%; 76-99%; 100%)

Operational Performance:

How has the following changed over the past five years?

Finished-product first-pass quality yield (*reverse coded*):

(Improved more than 40%; Improved 21-40%; Improved 1-20%; Stayed the same; Declined 1-20%; Declined more than 20%)

Scrap and rework costs:

(Increased more than 20%; Increased 1-20%; Stayed the same; Decreased 1-20%; Decreased 21-40%; Decreased more than 40%)

Productivity, defined as dollar volume of shipments per employee (*reverse coded*):

(Increased more than 80%; Increased 41-80%; Increased 21-40%; Increased 11-20%; Increased 1-20%; Stayed the same; Decreased 1-10%; Decreased more than 10%)

Per unit manufacturing costs, excluding purchased material:

(Increased more than 20%; Increased 11-20%; Increased 1-10%; Stayed the same; Decreased 1-20%; Decreased more than 20%)

Manufacturing cycle time:

(No reduction; Decreased 1-10%; Decreased 11-20%; Decreased 21-50%; Decreased 51-75%; Decreased more than 75%)

Customer lead-time:

(Increased more than 20%; Increased 1-20%; Stayed the same; Decreased 1-20%; Decreased 21-40%; Decreased more than 40%)

ANNEXE F – RÉSULTATS DES OBSERVATIONS

Le tableau suivant présente le dépouillement des résultats des observations effectué à chaque fin de journée afin de valider si le nombre d'observations était valide en fonction de la marge d'erreur et du taux d'engagement.

Heures d'observations

Journée d'observation	Heures planifiées
Jour 1	08h54, 09h18, 10h05, 10h43, 11h21, 14h25, 14h47, 15h14, 15h59, 16h41, 17h14, 17h36
Jour 2	08h24, 08h39, 08h51, 09h37, 09h48, 10h21, 10h44, 11h25, 14h09, 14h39, 15h13, 15h26, 15h59, 16h31, 17h26
Jour 3	08h14, 09h12, 09h36, 10h20, 10h47, 11h41, 14h55, 15h36, 16h24, 16h39, 17h40
Jour 4	09h00, 09h56, 10h47, 11h36, 13h06, 13h28, 13h45, 14h38, 15h20, 15h38, 16h03, 16h44, 17h09
Jour 5	08h54, 09h36, 09h48, 10h00, 10h 35, 10h50, 11h11, 13h15, 13h53, 14h23, 14h 36, 15h07, 15h28, 16h13, 17h01
Jour 6	08h50, 09h23, 09h59, 10h17, 10h58, 11h20, 11h50, 13h08, 14h01, 14h46, 14h25, 15h10, 15h43, 16h10, 16h37, 17h28
Jour 7	08h21, 08h 40, 09h08, 09h30, 10h23, 10h56, 11h50, 13h15, 13h32, 13h42, 13h53, 14h25, 14h52, 15h16, 15h48, 16h22, 17h13
Jour 8	08h51, 09h31, 10h06, 10h27, 11h09, 13h28, 13h43, 14h10, 15h02, 15h31, 15h44, 16h13, 16h35, 17h07
Jour 9	08h37, 09h27, 10h31, 10h56, 11h46, 13h18, 13h31, 13h59, 14h40, 15h01, 15h34, 15h54, 16h25, 17h33
Jour 10	08h11, 08h52, 09h13, 09h25, 09h46, 10h06, 10h17, 10h41, 10h24, 11h14, 11h29, 11h37, 13h53, 14h43, 15h39, 15h55, 16h36, 17h04
Jour 11	08h39, 08h54, 09h30, 09h55, 10h07, 10h23, 10h48, 11h26, 11h37, 13h14, 13h28, 14h00, 14h48, 15h18, 15h58, 16h46, 17h28
Jour 12	08h37, 09h01, 09h47, 10h24, 11h04, 11h23, 13h32, 13h56, 14h09, 14h48, 15h28, 15h58, 16h22, 16h56
Jour 13	08h51, 09h45, 10h52, 11h41, 13h56, 14h34, 15h52, 16h10, 16h31, 17h16
Jour 14	08h45, 09h18, 09h33, 10h14, 11h00, 11h10, 13h00, 13h41, 14h12, 14h34, 14h54, 15h20, 15h36, 16h12, 16h23, 16h59
Jour 15	08h06, 08h43, 09h30, 09h53, 10h01, 10h12, 10h51, 11h21, 11h36, 13h14, 13h45, 14h10, 14h27, 14h59, 15h19, 16h31, 17h01

Table de décomposition du processus d'usinage en préimplantation

Étape du processus	Cycle (jours)	Temps(h) TU+TO	TU	TO	Coût	Cumul cycles	Cumul coûts	Cumul cycles	Cumul coûts	
		Lot = 1.00		k\$						
						1	0.00	0.00	-2.71	0.00
						2	0.00	0.00	-2.71	0.00
Transport, Manipulation, Attente, Recherche Matière et/ou pièce	0.20	1.62			0.16	3	0.20	0.16	-2.51	0.16
APPROVISIONNEMENT AU POSTE					0.00	4	0.20	0.16	-2.51	0.16
Transport, Manipulation, Attente, Recherche Matière et/ou pièce	0.20	1.62			0.16	5	0.40	0.32	-2.31	0.32
MONTAGE MATIERES	0.09	0.75		0.75	0.08	6	0.50	0.40	-2.21	0.40
Transport, Manipulation, Attente, Recherche Matière et/ou pièce	0.20	1.62			0.16	7	0.70	0.56	-2.01	0.56
USINAGE	0.38	3.00	3.00		0.00	8	1.08	0.56	-1.64	0.56
Transport, Manipulation, Attente, Recherche Matière et/ou pièce	0.20	1.62			0.16	9	1.28	0.72	-1.43	0.72
MONTAGE	0.09	0.75		0.75	0.08	10	1.37	0.80	-1.34	0.80
Transport, Manipulation, Attente, Recherche Matière et/ou pièce	0.20	1.62			0.16	11	1.57	0.96	-1.14	0.96
USINAGE	0.38	3.00	3.00		0.00	12	1.95	0.96	-0.76	0.96
Transport, Manipulation, Attente, Recherche Matière et/ou pièce	0.20	1.62			0.16	13	2.15	1.12	-0.56	1.12
DEMONTAGE	0.09	0.75		0.75	0.08	14	2.24	1.20	-0.47	1.20
Transport, Manipulation, Attente, Recherche Matière et/ou pièce	0.20	1.62			0.16	15	2.45	1.36	-0.26	1.36
OPERATION SECONDAIRE	0.06	0.50		0.50	0.05	16	2.51	1.41	-0.20	1.41
Transport, Manipulation, Attente, Recherche Matière et/ou pièce	0.20	1.62			0.16	48	2.71	1.57	0.00	1.57

Table de décomposition du processus d'usinage en postimplantation

Étape du processus	Cycle (jours)	Temps(h) TU+TO	TU	TO	Coût	Cumul cycles	Cumul coûts	Cumul cycles	Cumul coûts
		Lot =	1.00	k\$					
						0.00	0.00	-1.33	0.00
						0.00	0.00	-1.33	0.00
Transport, Manipulation, Attente, Recherche Matière et/ou pièce	0.04	0.33			0.03	0.04	0.03	-1.29	0.03
APPROVISIONNEMENT AU POSTE					0.00	0.04	0.03	-1.29	0.03
Transport, Manipulation, Attente, Recherche Matière et/ou pièce	0.04	0.33			0.03	0.08	0.07	-1.25	0.07
MONTAGE MATIERES	0.06	0.50		0.50	0.050	0.15	0.12	-1.19	0.12
Transport, Manipulation, Attente, Recherche Matière et/ou pièce	0.04	0.33			0.03	0.19	0.15	-1.15	0.15
USINAGE 1 ER STAGE	0.38	3.00	3.00		0.00	0.56	0.15	-0.77	0.15
Transport, Manipulation, Attente, Recherche Matière et/ou pièce	0.04	0.33			0.03	0.60	0.18	-0.73	0.18
MONTAGE STAGE 2	0.0625	0.50		0.50	0.05	0.67	0.23	-0.67	0.23
Transport, Manipulation, Attente, Recherche Matière et/ou pièce	0.04	0.33			0.03	0.71	0.27	-0.63	0.27
USINAGE STAGE 2	0.38	3.00	3.00		0.00	1.08	0.27	-0.25	0.27
Transport, Manipulation, Attente, Recherche Matière et/ou pièce	0.04	0.33			0.03	1.13	0.30	-0.21	0.30
DEMONTAGE	0.0625	0.50		0.50	0.05	1.19	0.35	-0.15	0.35
Transport, Manipulation, Attente, Recherche Matière et/ou pièce	0.04	0.33			0.03	1.23	0.38	-0.10	0.38
OPERATION SECONDAIRE	0.06	0.50		0.50	0.05	1.29	0.43	-0.04	0.43
Transport, Manipulation, Attente, Recherche Matière et/ou pièce	0.04	0.33			0.03	1.33	0.47	0.00	0.47

ANNEXE G – LA MÉTHODE DES OBSERVATIONS INSTANTANÉES

Table des données aléatoires tirée de (Brisley, 2001)

WORK SAMPLING AND GROUP TIMING TECHNIQUE 4.47

TABLE 3.1 A Table of Random Numbers

03	47	43	73	86	36	96	47	36	61	46	98	63	71	62	33	26	16	80	45	60	11	14	10	96
97	74	24	67	62	42	81	14	57	20	42	53	32	37	32	27	07	36	07	51	24	51	79	89	73
16	76	02	27	66	56	50	26	71	07	32	90	79	78	53	13	55	38	58	50	88	97	54	14	10
12	56	85	99	26	96	96	68	27	31	05	03	72	93	15	57	12	10	14	21	88	26	49	81	76
55	59	56	35	64	38	54	82	46	22	31	62	43	09	90	06	18	44	32	53	23	83	01	30	30
16	22	77	94	39	49	54	43	54	82	17	37	93	23	78	87	35	20	96	43	84	26	34	91	64
84	42	17	53	31	57	24	55	06	88	77	04	74	47	67	21	76	33	50	25	83	92	12	06	76
63	01	63	78	59	16	95	55	67	19	98	10	50	71	75	12	86	73	58	07	44	39	52	38	79
33	21	12	34	29	78	64	56	07	82	52	42	07	44	38	15	51	00	13	42	99	66	02	79	54
57	60	86	32	44	09	47	27	96	54	49	17	46	09	62	90	52	84	77	27	08	02	73	43	28
18	18	07	92	46	44	17	16	58	09	79	83	86	19	62	06	76	50	03	10	55	23	64	05	05
26	62	38	97	75	84	16	07	44	99	83	11	46	32	24	20	14	85	88	45	10	93	72	88	71
23	42	40	64	74	82	97	77	77	81	07	45	32	14	08	32	98	94	07	72	93	85	79	10	75
52	36	28	19	95	50	92	26	11	97	00	56	76	31	38	80	22	02	53	53	86	60	42	04	53
37	85	94	35	13	83	39	50	08	30	42	34	07	96	88	54	42	06	87	98	35	85	29	48	39
70	29	17	12	13	40	38	20	38	26	13	89	51	03	74	17	76	37	13	04	07	74	21	19	30
56	62	18	37	35	96	83	50	87	75	97	12	25	93	47	70	33	24	03	54	97	77	46	44	80
99	49	57	22	77	88	42	95	45	72	16	64	36	16	00	04	43	18	66	79	94	77	24	21	90
16	08	15	04	72	33	27	14	34	09	45	59	34	68	49	12	72	07	34	45	99	27	72	95	14
31	16	93	32	43	50	27	89	87	19	20	15	37	00	49	52	85	66	60	44	38	68	88	11	80
68	34	30	13	70	55	74	30	77	40	44	22	78	84	26	04	33	46	09	52	68	07	97	06	57
74	57	25	65	76	59	29	97	68	60	71	91	38	67	54	13	58	18	24	76	15	54	55	95	52
27	42	37	86	53	48	55	90	65	72	96	57	69	36	10	96	46	92	42	45	97	60	49	04	91
00	39	68	29	61	66	37	32	20	30	77	84	57	03	29	10	45	65	04	26	11	04	96	67	24
29	94	98	94	24	68	49	69	10	82	53	75	91	93	30	34	25	20	57	27	40	48	73	51	92
16	90	82	66	59	83	62	64	11	12	67	19	00	71	74	60	47	21	29	68	02	02	37	03	31
11	27	94	75	06	06	09	19	74	66	02	94	37	34	02	76	70	90	30	86	38	45	94	30	38
35	24	10	16	20	33	32	51	26	38	79	78	45	04	91	16	92	53	56	16	02	75	50	95	98
38	23	16	86	38	42	38	97	01	50	87	75	66	81	41	40	01	74	91	62	48	51	84	08	32
31	96	25	91	47	96	44	33	49	13	34	86	82	53	91	00	52	43	48	85	27	55	26	89	62
66	67	40	67	14	64	05	71	95	86	11	05	65	09	68	76	83	20	37	90	57	16	00	11	66
14	90	84	45	11	75	73	88	05	90	52	27	41	14	86	22	98	12	22	08	07	52	74	95	80
68	05	51	18	00	33	96	02	75	19	07	60	62	93	55	59	33	82	43	90	49	37	38	44	59
20	46	78	73	90	97	51	40	14	02	04	02	33	31	08	39	54	16	49	36	47	95	93	13	30
64	19	58	97	79	15	06	15	93	20	01	90	10	75	06	40	78	78	89	62	02	67	74	17	33
05	26	93	70	60	22	35	85	15	13	92	03	51	59	77	59	56	78	06	83	52	91	05	70	74
07	97	10	88	23	09	98	42	99	64	61	71	62	99	15	06	51	29	16	93	58	05	77	09	51
68	71	86	85	85	54	87	66	47	54	73	32	08	11	12	44	95	92	63	16	29	56	24	29	48
26	99	61	65	53	58	37	78	80	70	42	10	50	67	42	32	17	55	85	74	94	44	67	16	94
14	65	52	68	75	87	59	36	22	41	26	78	63	06	55	13	08	27	01	50	15	29	39	39	43
17	53	77	58	71	71	41	61	50	72	12	41	94	96	26	44	95	27	36	99	02	96	74	30	83
90	26	59	21	19	23	52	23	33	12	96	93	02	18	39	07	02	18	36	07	25	99	32	70	23
41	23	52	55	99	31	04	49	69	96	10	47	48	45	88	13	41	43	89	20	97	17	14	49	17
60	20	50	81	69	31	99	73	68	68	35	81	33	03	76	24	30	12	48	60	18	99	10	72	34
91	25	38	05	90	94	58	28	41	36	45	37	59	03	09	90	35	57	29	12	82	62	54	65	60

Over a sufficiently long study, the number of times an operator or machine is observed—idle, working, or in any other condition—tends to equal the percentage of time in that state. This is true whether the occurrences are very short or extremely long, regular or irregular, or many or few. It should be emphasized that the study can be as detailed as one cares to make it; but the more detailed it is, the greater are the number of observations necessary to obtain the degree of accuracy that might be desired for all the elements.

ANNEXE H – LES OUTILS ET CONCEPTS DU LEAN MANUFACTURING

La cartographie de la chaîne de valeur (VSM) (Rother & Shook, 1999)

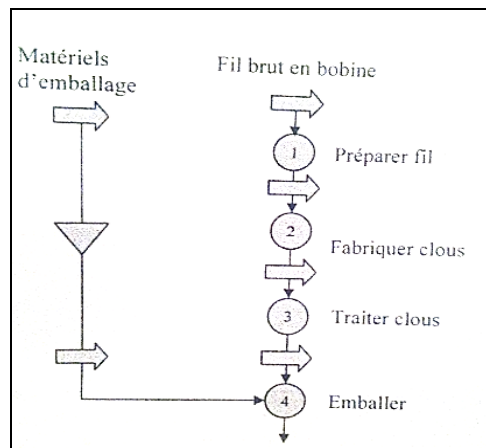
Voici les étapes clés d'un processus de cartographie de la chaîne de valeur :

1. lancer le processus avec tous les participants du projet;
2. cartographier et dessiner à la main sur les lieux de production, ceci se fait rapidement et sans perte de temps et permet de prendre toutes les informations nécessaires et utiles dont l'observateur a besoin, dessiner à la main signifie faciliter la compréhension du flux;
3. identifier le client et leurs requis à l'aide des symboles de source extérieure et de cases de données dans le coin droit supérieur du plan;
4. représenter les processus de production de base en utilisant le symbole de processus de production dans la moitié inférieure de la carte, de gauche à droite, selon les étapes de traitement et non selon la disposition physique des lieux;
5. relever des données suivantes :
 - a. taille des lots;
 - b. tâches exécutées dans l'ordre d'exécution;
 - c. temps de cycle;
 - d. durée de mise en route;
 - e. temps d'attente;
 - f. les ressources humaines affectées;
6. identifier les points de stockage ainsi que la quantité d'inventaires;
7. représenter le flux des matières brutes du fournisseur et des produits finis vers le client par le symbole du camion et de la large flèche;
8. représenter les flux de la cellule qui sont les déplacements entre deux processus, peu importe si l'étape suivante a besoin ou non de ce lot;
9. identifier le flux d'informations;

10. identifier la ligne du temps et le temps de cycle.

Le diagramme de déroulement matière

La figure suivante montre un exemple de graphique de déroulement matière pour un clou. La convention de représentation du diagramme de déroulement matière est de haut en bas et de droite à gauche suivant la séquence de production (Agard, 2004).



Exemple de diagramme de déroulement matière d'un clou, tiré du cours IND 3303, (Agard, 2004)