



AVERTISSEMENT

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

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

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

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

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

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

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

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

PJT6

**Application de la philosophie « Lean
Manufacturing » à un chantier de construction**

« Se réunir est un début. Rester ensemble est un progrès. Travailler ensemble est la réussite. »

Henry Ford

**Aude HUIN
Jean-Gilles BECK**

Enseignante responsable : Hind BRIL EL HAOUZI

INTRODUCTION

INTRODUCTION

La philosophie Lean a pour objectif d'éliminer toute forme de gaspillage. Cette philosophie est de plus en plus employée dans le secteur manufacturier et devient un atout majeur pour les entreprises qui la mettent en œuvre de manière continue. Sa transposition aux chantiers de construction est une demande forte du secteur du bâtiment. En effet, afin d'être plus performantes et de se détacher de leurs concurrents, les entreprises vont être obligées dans un futur proche de s'atteler à la suppression des gaspillages en temps, en argent et en main d'œuvre. Le sujet de notre étude, l'application de la philosophie Lean à la construction, est donc bien ancré dans le contexte actuel d'amélioration continue.

Pour poser le problème plus clairement, nous développerons dans une première partie les grands concepts de la philosophie Lean à travers son application au secteur industriel. Nous y expliciterons les principes et les bases de ces concepts.

Dans un second temps, nous détaillerons la démarche Lean Construction, transposition de la philosophie au domaine de la construction. On y mettra en avant les bénéfices induits par la mise en place de la méthode.

Puis, pour terminer, nous donnerons un exemple d'application du Lean Construction sur un chantier. Nous expliquerons dans cette partie les pistes et les grands axes à suivre, pour une bonne mise en place et une bonne adaptation de la philosophie Lean à un chantier de construction.

En conclusion, nous récapitulerons les grands concepts à retenir, nous soulignerons les avantages et les inconvénients de cette méthode.

SOMMAIRE

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	- 2 -
SOMMAIRE.....	- 3 -
PARTIE 1 - La Philosophie Lean et le Lean Manufacturing	- 5 -
1.1. Grands concepts.....	- 5 -
1.1.1. Diminution des gaspillages	- 5 -
1.1.2. Kaizen.....	- 7 -
1.1.3. Principe de valeur ajoutée.....	- 7 -
1.1.4. Actions préventives/correctives.....	- 7 -
1.2. Principes et connaissances de base	- 8 -
1.2.1. L'engagement et la communication	- 8 -
1.2.2. Les indicateurs de performance	- 9 -
1.2.3. Les outils	- 14 -
1.2.4. Le rôle des acteurs.....	- 15 -
1.2.5. La formation	- 16 -
PARTIE 2 - Le Lean Construction	- 16 -
2.1. Qu'est-ce que le Lean Construction.....	- 16 -
2.1.1. Etat de l'art	- 16 -
2.1.2. Gaspillages rencontrés dans la construction.....	- 18 -
2.1.3. Limites et réserves.....	- 18 -
2.2. Recours aux nouvelles technologies.....	- 20 -
2.2.1. Définition	- 20 -
2.2.2. La maquette BIM	- 21 -
2.2.3. Les ERP.....	- 22 -
2.3. Les outils applicables	- 23 -
2.3.1. Détermination des causes	- 23 -
2.3.2. L'organisation	- 25 -
2.3.3. Point de vue valeur ajoutée.....	- 26 -
2.3.4. Objectif qualité	- 29 -

SOMMAIRE

PARTIE 3 - Mise en place du Lean Construction sur un chantier.....	- 31 -
3.1. Pistes d'application sur un chantier.....	- 31 -
3.1.1. Choix du pilote.....	- 32 -
3.1.2. Communication.....	- 33 -
3.2. Traitement des causes évidentes.....	- 35 -
3.2.1. Cadre.....	- 35 -
3.2.2. Faire table rase.....	- 36 -
3.2.3. Repartir sur de nouvelles bases.....	- 36 -
3.2.4. Rechercher les défauts restants.....	- 37 -
3.2.5. Permettre la communication entre l'équipe et le bureau des méthodes.....	- 38 -
3.3. Vers l'amélioration continue.....	- 38 -
3.3.1. Management et communication avec l'équipe de pose du pilote.....	- 38 -
3.3.2. Assurer la conformité aux exigences client.....	- 39 -
3.3.3. Cartographier les flux.....	- 40 -
CONCLUSION.....	- 42 -
BIBLIOGRAPHIE.....	- 43 -
ANNEXES.....	- 45 -
RESUME.....	- 54 -
ABSTRACT.....	- 54 -

La Philosophie Lean et le Lean Manufacturing

PARTIE 1 - La Philosophie Lean et le Lean Manufacturing

Les philosophies de production ont perpétuellement évolué à partir de l'industrialisation. Le premier modèle du genre est le Ford Production System (FPS), conceptualisé par Henry Ford dans « Today and tomorrow » en 1927. La société Toyoda (plus tard Toyota) est fondée au Japon en 1937. Les deux cousins Kiichiro et Eiji ont posé les bases du Toyota Production System (TPS) avec Taïchi Ohno ; parmi ces bases se trouve la démarche Juste à Temps (JIT) avec pour objectif final l'élimination des gaspillages. Ce dernier a publié « Toyota Production System » (1978) en japonais pour y détailler sa démarche.

En 1973, la première crise pétrolière met en valeur le système de production japonais, entraînant la publication d'articles de recherche et de livres sur le sujet. Différents outils apparaissent progressivement : le Kanban par exemple.

Le terme Lean est utilisé la première fois en 1988 par Krafeik pour décrire le système de production utilisé par Toyota. En 1990, « The machine that changed the world » (Womack, Jones & Roos) est publié et décrit le Lean Production de manière détaillée, suivi par le « Lean Thinking » (Womack & Jones, 1994). Cet ouvrage donne des pistes pour appliquer le Lean au niveau d'une entreprise (Shah & Ward, 2007).

1.1. Grands concepts

La philosophie Lean est basée sur plusieurs grands concepts qui invitent à repenser l'utilisation du temps de manière différente : remonter à la source des problèmes plutôt que ne traiter que les symptômes.

1.1.1. Diminution des gaspillages

Taïchi Ohno, à l'origine du courant de pensée de Toyota, a défini 3 familles de gaspillages : « Muda » (tâche sans valeur ajoutée), « Muri » (tâche excessive, impossible) et « Mura » (irrégularités).

La philosophie Lean recense 8 gaspillages différents, appartenant à la famille des « Muda » (Bédry, 2012).

1.1.1.1. Surproduction

Par surproduction, nous pensons immédiatement à une production en surnombre. Toutefois, ce gaspillage correspond aussi à une production avant la commande, ou à la réalisation d'une tâche qui ne découle pas d'une demande ou d'une exigence du client. Une taille de lot trop grande compte comme une surproduction par exemple.

La Philosophie Lean et le Lean Manufacturing

1.1.1.2. Sur-stockage ou stocks inutiles

Le sur-stockage est provoqué par la surproduction voire par une mauvaise planification. Nous pouvons également évoquer les temps d'attente non maîtrisés comme cause de sur-stockage. Ce gaspillage engendre une immobilisation du capital (et donc une réduction de la trésorerie). Plus encore, ce stock masque les défauts du système et est un frein à l'accomplissement de la démarche JIT. Un stockage trop important par peur d'arriver à rupture est une représentation du sur-stockage.

1.1.1.3. Transports et déplacements inutiles

Il s'agit ici d'un déplacement (informations ou matériel) qui n'apporte aucune valeur ajoutée au client. Outre le risque de dégradation du matériel en raison des déplacements plus nombreux, ce gaspillage engendre une perte de temps. Faire un voyage « les mains vides » en est un exemple, mais l'envoi d'un e-mail via une liste alors que celui-ci ne concerne qu'un nombre restreint de personnes en est une autre forme.

1.1.1.4. Sur-processing et traitements inutiles

Un processus trop complexe, mettant en œuvre trop de matière, de qualité, ou d'information par rapport au prix de vente, est considéré comme sur-processing. Les traitements inutiles sont ceux n'ajoutant pas de valeur. Par exemple, l'utilisation de deux emballages au lieu d'un, l'excès de réunions ou les tableaux de bords avec trop d'indicateurs sont considérés comme sur-processing.

1.1.1.5. Mouvements inutiles

Les déplacements de personnes physiques inutiles ou n'ajoutant pas de valeur pour le client sont considérés comme des mouvements inutiles. Ils sont causés par une mauvaise ergonomie du poste de travail ou une organisation défaillante. Les allers retours qu'un opérateur fait pour aller chercher les outils indispensables à la réalisation d'une tâche sont typiquement des mouvements inutiles.

1.1.1.6. Erreurs, défauts et rebuts

Nous considérons ici les défauts qui nécessitent une retouche, une mise au rebut ou de manière plus générale une insatisfaction du client. L'entreprise perd de l'argent et du temps, ainsi que de la crédibilité. Les produits non conformes ou cassés entrent dans cette catégorie.

1.1.1.7. Temps d'attente et délais

Ils peuvent provenir de goulots d'étranglements, d'étapes mal synchronisées ou de temps de changement de série trop long. Cela peut être dû, par exemple, à un manque de formation ou

La Philosophie Lean et le Lean Manufacturing

d'instructions précises à l'opérateur, qui provoque son inactivité. Il est également possible de citer l'envoi et réception d'un courrier pour valider une décision, qui engendre une inactivité globale.

1.1.1.8. Sous-utilisation des compétences

Nous pouvons ajouter ce 8^{ème} gaspillage aux 7 précédents, qui sont les 7 originaux. Ici, la perte en créativité et en esprit d'équipe est conséquente. Il découle d'un manque de formation, de reconnaissance et/ou d'un management trop rigide et autoritaire. Les compétences de chacun sont sous-utilisées : l'entreprise perd alors en créativité et en esprit d'équipe.

1.1.2. Kaizen

Le Kaizen tire son origine de deux mots japonais : « kai », le « changement » et « zain » qui signifie « bon ». Autrement dit, le Kaizen est le mot japonais pour « Amélioration continue ».

Le Lean Manufacturing est souvent associé à cette démarche. Elle répond aux différentes règles du Kaizen, à savoir :

- Participation de tous ;
- Utilisation d'outils simples ;
- Changement progressif, simple et peu onéreux ;
- Fondé sur le bon sens commun.

Il s'agit d'une démarche à long terme visant à optimiser le système et non à le réinventer.

1.1.3. Principe de valeur ajoutée

Une activité à valeur ajoutée est une activité qui contribue à la valeur perçue par le client ; une activité à non-valeur ajoutée est une activité, qui, si elle était supprimée, ne dégraderait pas la valeur perçue par le consommateur. (Gustavsson & Marzec, 2007)

La philosophie Lean cherche à éliminer toutes les étapes à non-valeur ajoutée, comme le stockage par exemple.

1.1.4. Actions préventives/correctives

Enfin, le dernier grand concept est celui qui chamboule le plus les habitudes prises dans les entreprises : ne plus résoudre les problèmes en urgence et lorsqu'ils surviennent, mais aller les traiter à la source. De manière plus claire, le but est de passer d'actions correctives à des actions préventives, qui seront, à terme, réalisées bien avant la panne ou le problème.

Pourtant, la philosophie Lean est mise en place à l'aide d'outils autant correctifs que préventifs, certains agissant sur les deux tableaux.

La Philosophie Lean et le Lean Manufacturing

1.2. Principes et connaissances de base

Mettre en place ces grands concepts demande beaucoup de changement et d'ouverture au sein de l'entreprise.

1.2.1. L'engagement et la communication

Tout d'abord, la bonne marche du projet ne pourra être assurée que par une participation de tous et donc une motivation de chacun. L'utilité du projet doit donc être démontrée. Quant au pilote du projet, il doit montrer à tous les acteurs que l'élimination des gaspillages permet l'amélioration de leur quotidien en même temps que celle du processus de production.

De plus, la mise en place de règles simples et surtout le respect des règles établies est très important pour que les systèmes restent pérennes dans le temps. Par exemple, une réunion doit commencer et finir à l'heure, même si certains sont en retard ou que tous les ordres du jour n'ont pas été traités. Avec le temps, la régulation se fera naturellement.

Garder la motivation initiale voire même la renforcer est un facteur important dans l'optique d'une amélioration continue. Pour ce faire, un bon management visuel permettra à tous de voir l'avancée du projet, ses progrès, ses évolutions, ses problèmes.

Cela passe, par exemple, par l'utilisation de panneaux à afficher dans l'entreprise. Nous pouvons distinguer trois types de panneaux, à savoir :

- Les flashes, placés dans l'environnement direct : l'opérateur y renseigne quotidiennement les informations qui lui sont utiles ;
- Les tableaux centraux, accessibles et visibles par tous les employés : ils récapitulent les données des tableaux flashes ;
- Les tableaux d'usine ou d'accueil, destinés aux clients et aux employés : ils indiquent les politiques générales de l'entreprise et les résultats obtenus.

Le management de l'équipe est également un facteur important : le manager doit par son propre comportement donner l'exemple et inciter l'adhésion de tous au projet.

Cela passe par :

- réaliser les fiches de poste, détaillant les activités de chacun,
- l'établissement d'agenda type (planning d'organisation),
- des dispositifs d'animations telles que (cf. annexe 1) :
 - o les synthèses hebdomadaires : courte réunion récapitulant les évolutions de la semaine précédente et annonçant les grandes lignes de la semaine suivante ;
 - o le point du matin : affecter aux employés les tâches de la journée;
 - o la prise de poste,

La Philosophie Lean et le Lean Manufacturing

- le passage de consigne entre opérateurs : rapide conversation pour savoir ce qu'il s'est passé, assure la continuité entre les opérateurs ;
- le passage de consignes entre managers : identique au précédent ;
- le rapport quotidien,
- les revues de progrès : un peu plus espacées dans le temps, elles permettent de faire le point sur les avancées des projets de manière globale, de revenir sur les points forts et les points faibles.

Il est également possible de mettre en place des audits de poste permettant de savoir quels ont été les progrès réalisés et quelles doivent être les améliorations visées.

Cela permet ainsi à tous d'être au courant de ce qui se passe : objectifs atteints ou pas, problèmes, retards, fin d'un projet dans les temps. Le feedback se doit de ne pas être uniquement négatif, mais plutôt positif et orienté vers l'amélioration, sans forcément imposer ses choix mais en amenant ses collaborateurs à se demander ce qu'ils pourraient faire pour régler le problème.

1.2.2. Les indicateurs de performance

Le triangle de contrôle de gestion (figure 1) décrit la place des indicateurs de performance :

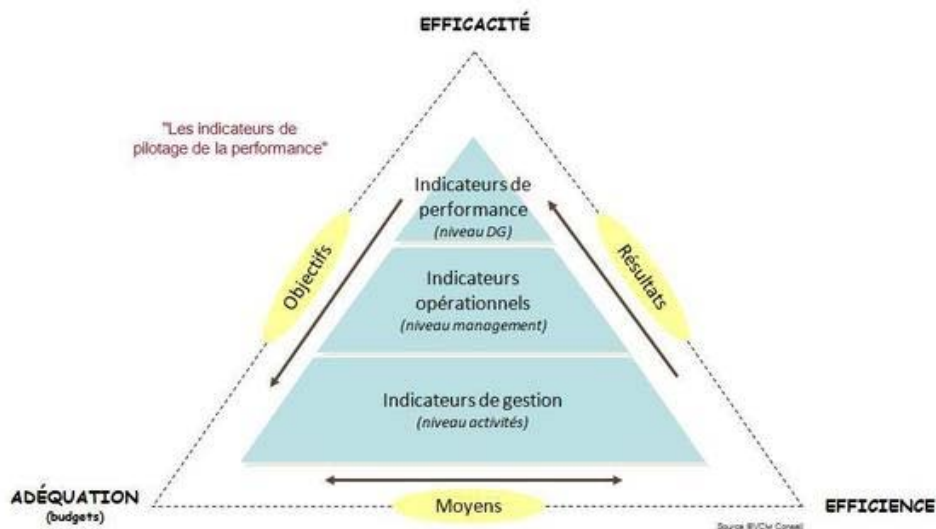


Figure 1 : Triangle du contrôle de gestion

Nous constatons que les indicateurs de performance se situent tout en haut de la pyramide, au niveau de la direction générale. Ceux-ci aident donc au pilotage de l'entreprise.

1.2.2.1. Définition

« Un indicateur de performance est une donnée quantifiée qui mesure l'efficacité (les résultats obtenus correspondent-ils aux objectifs attendus) et / ou l'efficience (les résultats justifient-ils les moyens mis en œuvre ?) de tout ou partie d'un processus ou d'un système (réel ou simulé) par rapport à une

La Philosophie Lean et le Lean Manufacturing

norme, un plan ou un objectif, déterminé et accepté dans le cadre d'une stratégie d'entreprise ». (Commission indicateurs de performances de l'AFGI)

Avoir des indicateurs clés de performance (KPI, Key Performance Indicators) permet de pouvoir communiquer sur l'état actuel du système et le comparer à l'objectif et surtout de conduire l'amélioration sur des faits et non à tâtons.

Un indicateur de performance se construit toujours sous la forme d'un triplet (v, o, m) (FD X 50-171, 2000) : (variable essentielle, objectif, mesure). Il peut correspondre à la mesure d'un paramètre ou d'une combinaison de plusieurs paramètres (par exemple, le taux de service client = commandes livrées dans les délais / commandes totales).

Un indicateur doit être fidèle, juste et fiable afin de permettre la comparaison entre deux périodes. Il doit également être facile à utiliser et à renseigner afin que tous les employés participent à la remontée d'information d'une part et à la correction rapide d'un défaut si possible. Enfin, il faut qu'il soit rentable, en termes de coût, de temps, ...

Il est important de préciser que les KPI ne sont pas des statistiques et ne doivent pas être utilisés pour blâmer quelqu'un. Dans le cas contraire, les employés ne se serviront plus du système de KPI, alors que l'implication de tous est indispensable à la réussite d'une démarche comme le Lean (Clivillé, 2004).

1.2.2.2. Recherche et choix du système d'indicateurs

La roue de Deming (figure 2) sert à la création et à la mise en place des KPI :

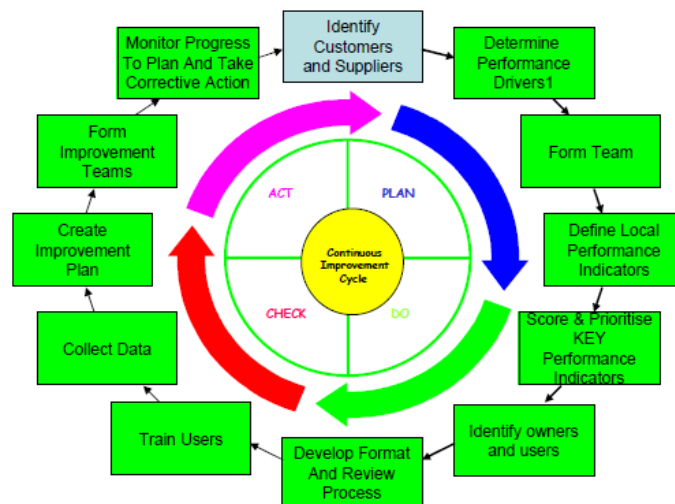


Figure 2 : Roue de Deming pour la recherche d'un système d'indicateurs

Il est primordial de définir des objectifs à atteindre pour chacun des champs de mesure. Ils sont fixés par le client (livraison dans les délais, qualité,...) ou par l'entreprise (évolution du chiffre d'affaires, investissements...).

La Philosophie Lean et le Lean Manufacturing

Pour chaque objectif, il faut trouver les éléments qui permettront de se situer par rapport à celui-ci. Ils peuvent contribuer ou au contraire nuire à l'objectif : le taux de rebut influe sur la qualité ; si celui-ci augmente, on s'écarte d'un objectif de qualité totale. Un objectif peut être suivi par plusieurs critères. Si tel est le cas, il faut les synthétiser dans le tableau de bord pour en simplifier la lecture.

Chaque critère doit être quantifiable et quantifié. Pour cela, on établit des paramètres qui permettront de donner une valeur à chacun, par exemple le nombre de commandes livrées pour un critère de satisfaction client (AFNOR, FD X 50-171, 2000).

Il existe plusieurs méthodes de construction du système d'indicateurs (Clivillé, 2004): ECOGRAI, ABC/ABM, BSC (Balanced ScoreCard, Tableau de bord équilibré), QMPMS, PBA, PPMS, IDPMS, ENAPS, ISO 9000 et SCOR.

- Méthode ECOGRAI (1990) : suit la structure de pilotage de l'entreprise en suivant la trame du modèle GRAI.
- Méthode ABC/ABM (Activity Based Costing/Activity Based Management) (1991) : décompose l'activité selon un modèle cause à effet. Elle est mise en œuvre dans une démarche d'amélioration continue en raison de la perpétuelle remise en cause de ses indicateurs.
- Méthode BSC (1992) : exprime la performance selon 4 axes (financier ou processus opérationnels par exemple). Basé sur la méthode précédente, il est considéré comme un système de management par ses auteurs.
- Méthode QMPMS (Quantitative Model for Performance Measurement System) (1995) : système de pilotage décomposant les objectifs stratégiques en objectifs élémentaires. Cela favorise le retour des mesures de performances vers les niveaux supérieurs.
- Méthode PBA (Process Based Approach) (1995) : base les objectifs sur les attentes des clients, elle se base sur l'efficacité et l'efficacité des actions effectuées pour évaluer la performance.
- Méthode PPMS (Process Performance Measurement System) (1999) : basé sur les approches ABC/ABM, BSC et TQM (Total Quality Management). Ce système décompose les objectifs stratégiques suivant 5 axes : l'innovation, les clients, le financier, l'entreprise et les salariés.
- Approche ENAPS (European Network for Advanced Performance Studies) (1999) : propose un système d'indicateurs génériques, applicables à tous les cas, pour permettre la comparaison avec la concurrence.
- Norme ISO 9000 (2000) : a pour objectif d'optimiser chaque processus, sans poser la cohérence des différentes actions sur les différents processus. La norme propose une méthode de conception du système d'indicateurs (FD X 50-171, 2000).

La Philosophie Lean et le Lean Manufacturing

- Modèle SCOR (2000) : implante un système d'indicateurs sur une chaîne logistique pour améliorer la performance selon 4 axes dits FC5 (fiabilité, réactivité, coût et rotation des capitaux). Il faut se placer du point de vue du donneur d'ordres, non du client.

Une autre approche pour décomposer les objectifs et donc trouver les indicateurs adaptés est le modèle SMART (System Measurement Analysis and Reporting Technique). Dans ce modèle, la stratégie de l'entreprise est décomposée selon une « pyramide de la performance » (figure 3), où les objectifs sont représentés selon les niveaux.

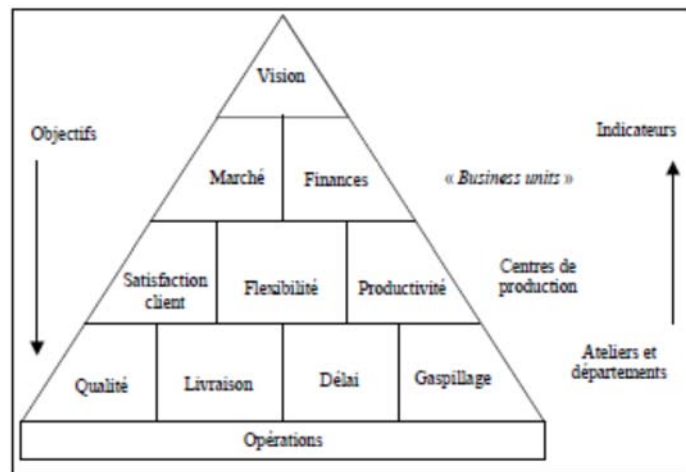


Figure 3 : Pyramide de la performance - Modèle SMART

Il est visible sur ce schéma que les mesures effectuées dans les différents niveaux inférieurs, tels que les ateliers, remontent sous la forme d'indicateurs de performance à destination de l'encadrement pour avoir une vision d'ensemble de l'état du système.

Il est possible de considérer des indicateurs de sécurité, de qualité, de coût, de livraison ou concernant les ressources humaines.

L'entreprise doit choisir les indicateurs qui lui paraissent essentiels et surtout pertinents : par exemple, la part de bois d'origine certifiée dans la production a du sens pour un fabricant de papier alors qu'elle n'en aura pas pour une métallurgie. Il existe toutefois des mesures transversales, qui peuvent être appliquées quelle que soit l'entreprise : nous pouvons évoquer le taux de service client ou le taux de rotation des stocks.

Enfin, un indicateur ne doit pas être affiché partout. Le retard pris par une unité de travail a du sens dans l'atelier, le taux de rotation des stocks n'apporte rien de plus, si ce n'est une surcharge d'informations.

1.2.2.3. Les tableaux de bord

Les différents indicateurs sont, comme nous l'avons dit, une déclinaison des différents objectifs. Un objectif pouvant être atteint par différents indicateurs, chaque acteur du système a accès à ceux qui le

La Philosophie Lean et le Lean Manufacturing

concernent. Ainsi, chacun, en remplissant ses objectifs de manière collective ou individuelle participe à l'accomplissement de l'objectif général de l'entreprise.

L'entreprise peut mettre en œuvre des tableaux de bords de différents types :

- Un tableau de bord stratégique, au suivi mensuel, permettant le pilotage stratégique. Il recense les indicateurs clés de performance, tels que le chiffre d'affaires, la marge, les ventes, etc. Il aide les dirigeants à voir les effets de leurs décisions sur leurs objectifs ;
- Des tableaux de bords opérationnels, suivis hebdomadairement, qui permettent une régulation. Il s'agit d'un niveau hiérarchique inférieur. Des indicateurs pertinents pour les responsables de secteur (directeur de site) y sont recensés: taux de non qualité du site, taux de panne, taux de rotation des stocks, etc.
- Enfin, le suivi physique et financier est assuré quotidiennement par des tableaux de suivi des flux. Ceux-ci sont destinés aux employés et aident à la prise de décision au niveau hiérarchique le plus bas. Il est possible d'y retrouver des indicateurs tels que l'avancée d'un projet par rapport à l'objectif, l'état de la production, les accidents du travail...

Un tableau de bord doit être clair, compréhensible et les informations recherchées visibles au premier coup d'œil. Les indicateurs y sont donc représentés sous une forme simple telle qu'un graphique ou un tableau chiffré. Ils sont toujours associés à un code couleur (ou des icônes claires) : par exemple, le rouge indique que l'objectif n'est pas atteint, l'orange montre que l'objectif est atteint mais que la situation se détériore, le vert est utilisé quand l'objectif est atteint et la situation ne se détériore pas.

L'affichage ne doit souffrir d'aucune ambiguïté, comme le montre la figure 4:

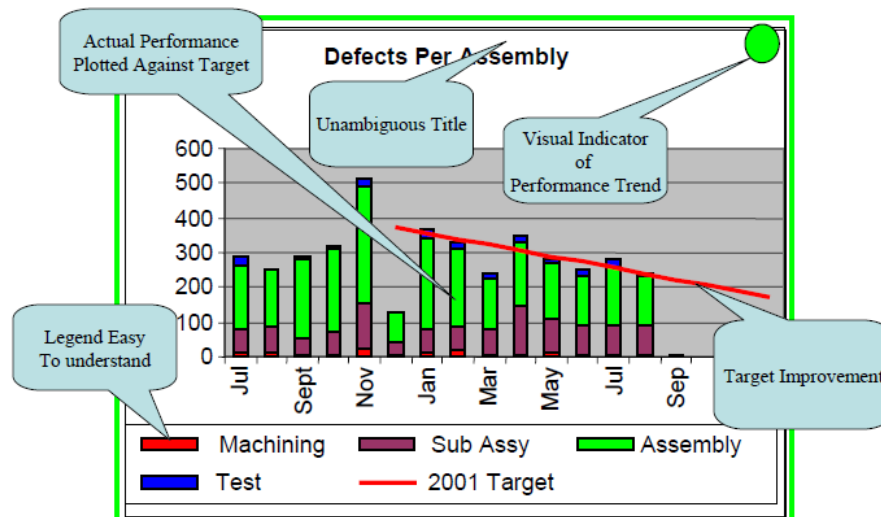


Figure 4 : Exemple d'affichage d'un indicateur de performance

La Philosophie Lean et le Lean Manufacturing

Nous constatons ici que l'essentiel réside dans la simplicité de l'affichage, et la rapidité d'acquisition des informations : le pictogramme vert permet de constater au premier coup d'œil que ce qui est mesuré (ici, le nombre de défauts par assemblage) respecte l'objectif fixé et que l'amélioration est continue. Pour ceux qui veulent obtenir plus de détails, le graphique utilisé indique la part de chaque poste dans cette mesure, de manière très simple.

Une bonne manière de créer son tableau de bord est de le décomposer en volets (figure 5).

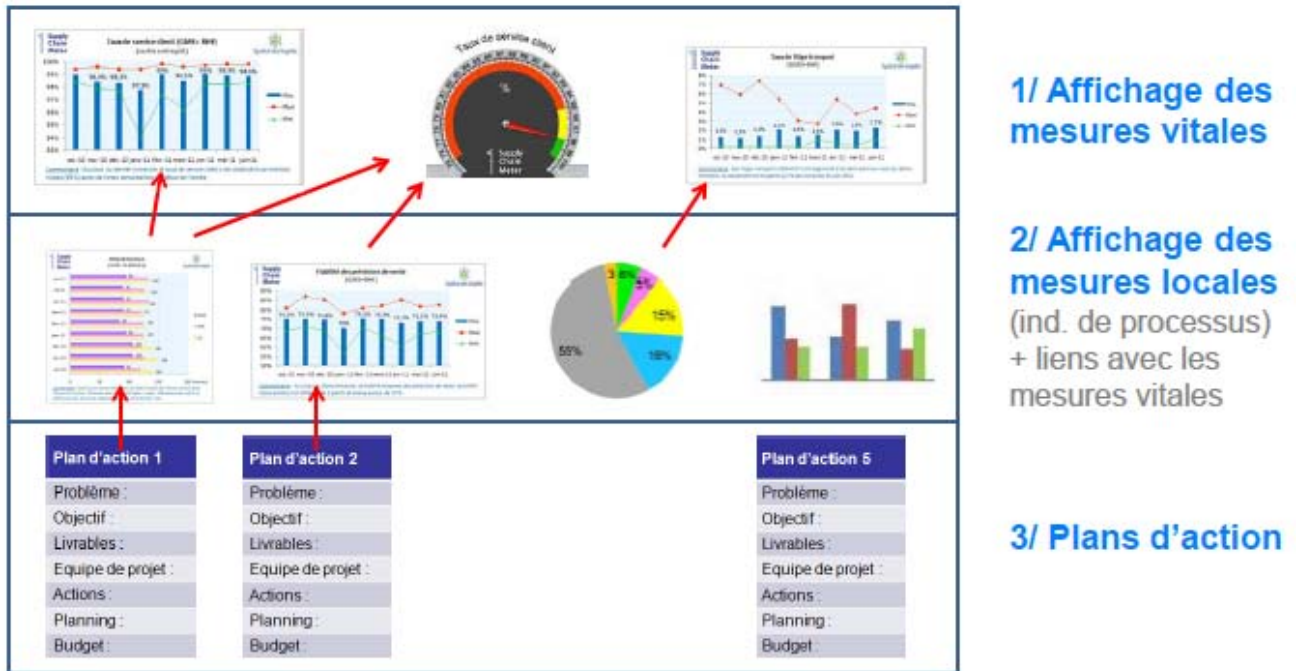


Figure 5 : Exemple de tableau de bord décomposé en volets

Cette décomposition permet de retrouver très rapidement l'information recherchée : c'est le point clé des tableaux de bord. Si la personne recherche le taux de service client, il sait qu'il le trouvera sur le premier volet du tableau.

1.2.3. Les outils

Les outils utilisés dans la mise en place de la philosophie Lean sont nombreux et variés. Magali BOSCH-MAUCHAND et Benoît EYNARD (Système d'information et méthode de production, 2011) proposent une répartition des outils centrés sur 4 systèmes de production correspondant chacun à « une stratégie permettant d'améliorer la performance économique de l'entreprise ». La boîte à outils du Lean compte aussi bien des démarches, des méthodes que des outils (figure 6) :

La Philosophie Lean et le Lean Manufacturing

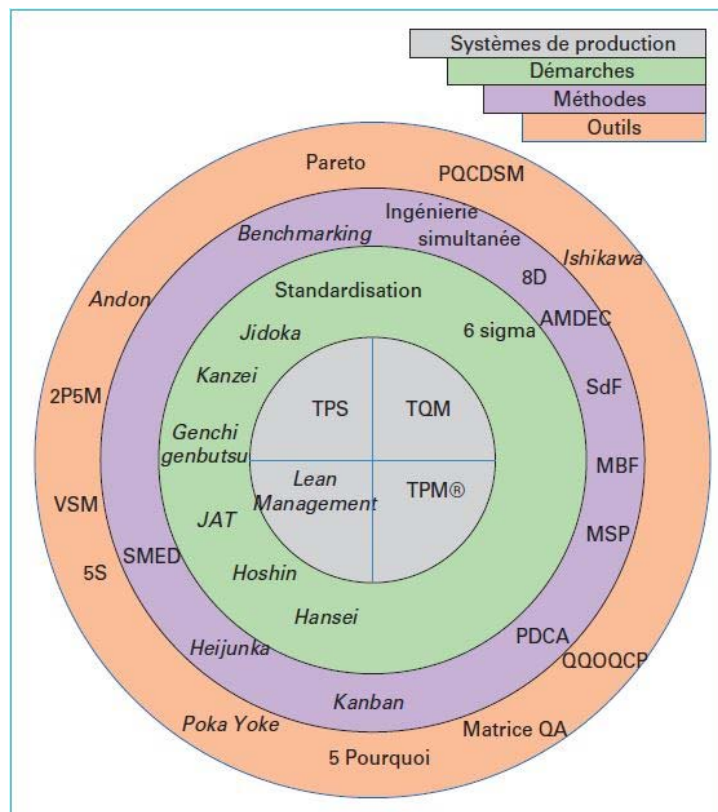


Figure 6 : Boîte à outils du Lean Manufacturing

Tous ne sont pas applicables au secteur de la construction ; nous ne détaillerons dans la deuxième partie que ceux qui nous paraissent pertinents pour notre application.

1.2.4. Le rôle des acteurs

Il est important de préciser que la philosophie Lean en tant que telle ne fait pas endosser de rôles définis aux différents acteurs. En revanche, l'amalgame entre la philosophie Lean et la démarche 6 sigmas est de plus en plus commun, elles sont regroupées en Lean 6 sigmas. Nous distinguons (Lean Manufacturing - Lean Management, 2013) (Belts Roles Responsibilities and Functions, 2013) :

- Master Black Belt : Un Master Black Belt (MBB) est un expert des méthodologies Lean Six Sigma spécialement formé à l'encadrement et au tutorat des équipes d'amélioration et de conception des processus. Cette personne ne fait partie d'aucune équipe de projet spécifiquement, mais sert plutôt de ressource d'expertise pour une à plusieurs équipes. Le MBB participe à des revues de projets, forme les Black Belts et Green Belts et s'assure de l'utilisation à bon escient de la méthodologie et des outils Lean Six Sigma.
- Black Belt : Un Black Belt est une personne formée à la méthodologie Lean Six Sigma dont le rôle est de mener des chantiers d'amélioration en utilisant la méthodologie et les outils Lean Six Sigma.
- Green Belt : Un « Green Belt » est une personne formée à la méthodologie DMAIC (Define, Measure, Analyse, Improve & Control) dont le rôle, à temps partiel, est de diriger les projets d'amélioration des processus. Les Green Belts restent rattachés à des responsables opérationnels dans les départements ou les métiers.

Le Lean Construction

1.2.5. La formation

Pour se former, l'AFNOR (AFNOR Formation, 2014) propose des formations concernant la qualité et la performance (métiers qualité, management de la qualité, qualité sectorielle), les audits et évaluations (audit qualité, autres thématiques, évaluation EFQM (European Foundation for Quality Management), la performance opérationnelle (Lean six sigma, maintenance industrielle, accréditation, normalisation, réglementation), et l'intégration des systèmes.

PARTIE 2 - Le Lean Construction

2.1. Qu'est-ce que le Lean Construction

La philosophie, qui a trouvé pour origine le domaine industriel, s'est enfin transférée au secteur de la construction 30 ans plus tard (INTERGRAPH, 2012).

Nous allons aborder les grandes lignes des particularités afférentes à la construction. Nous précisons ici que peu d'exemples ont été mis en valeur par des publications.

2.1.1. Etat de l'art

Le secteur de la construction ne jouit pas d'une réputation très positive. Les gaspillages sont très nombreux et persistants, ce qui fait chuter l'efficacité de cette branche (Gadde & Dubois, 2002). Son image est également entachée de problèmes de sécurité : 13% des journées d'interruptions de travail sont attribuées à des travailleurs du BTP ainsi que 5% des décès liés en France (CNAMTS, 2014).

Sans compter le manque de main d'œuvre, la qualité de la construction est considérée comme insuffisante par les clients (Koskela, 1992). Nous pouvons dès lors concevoir que le public ne cautionne plus l'augmentation continue des coûts dans de telles conditions. Par conséquent, les entreprises faisant le choix de renverser la tendance en proposant une qualité totale pour des coûts raisonnables et dans les délais fixés auront toutes les chances de prendre des parts de marché, voire de s'imposer.

D'après la figure suivante (figure 7), l'index des coûts de construction (CCI, en gris foncé sur le graphique) est toujours plus élevé que celui des prix appliqués aux consommateurs (CPI, en gris clair sur le graphique). Nous constatons que les consommateurs ne sont pas prêts à voir les prix augmenter autant que les coûts de construction (ici, en Suède).

Autrement dit, l'augmentation des coûts n'est pas compensée par l'inflation globale ; les entreprises voient leurs marges réduites et perdent des parts de marché entre autres à cause de l'entrée sur le marché d'entreprises moins chères, qu'on pourrait qualifier de « low-cost ». Ces entreprises viennent la plupart du temps des pays limitrophes : par exemple, la Roumanie pour la France.

Le Lean Construction

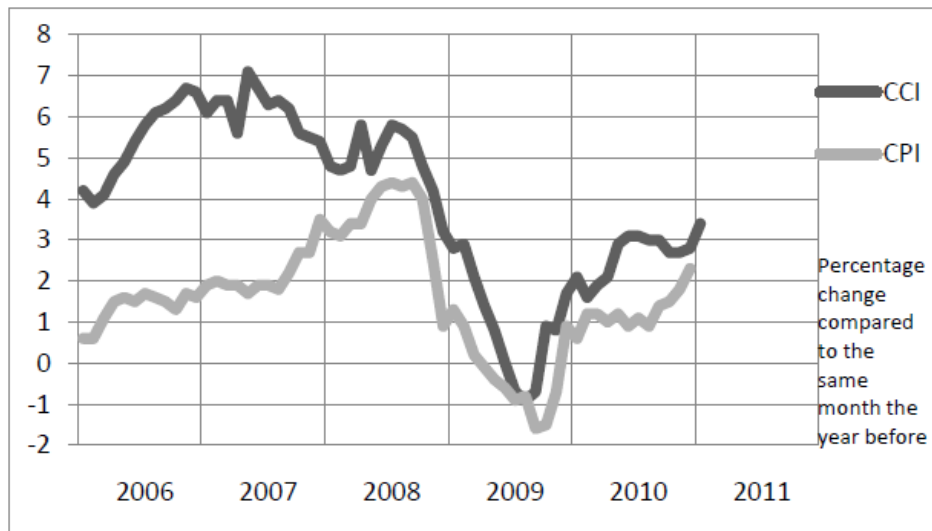
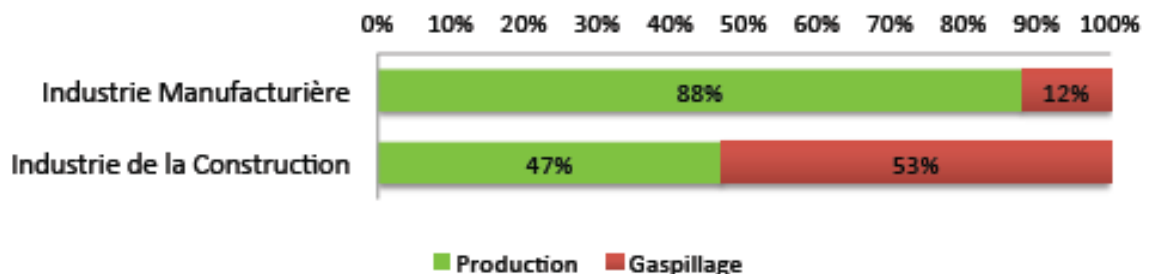


Figure 7 : Index des coûts de construction et Index des prix de consommation (Statistiques suédoises, 2011)

Une étude suédoise a montré que le tiers du temps de travail des ouvriers pouvait être considéré comme du gaspillage (attente, inactivité, ...) (ARLEROTH & KRISTENSSON, 2011). Nous montrons ici la nécessité de supprimer ces gaspillages, responsable d'une perte conséquente de temps et donc d'argent. Les entreprises diminueraient ainsi le coût total d'environ 7%.

Plusieurs solutions avaient été avancées pour pallier la perte de temps sur les chantiers : nous pouvons par exemple évoquer l'industrialisation (via la préfabrication ou la modularisation, comme pour la construction de maisons à ossature bois), l'évolution de solutions informatiques (comme la maquette BIM, cf. 2.2.2), voire la construction robotisée et automatisée. Ces idées sont contemporaines de l'apparition du Lean Construction, au début des années 1990. L'idée est de reprendre les points clés de la démarche Lean Manufacturing et de les adapter au secteur de la construction.

D'une manière globale, la part des gaspillages dans l'industrie de la construction est plus forte que dans l'industrie manufacturière (figure 8) :



Source : Construction Industry Institute

Figure 8: Comparaison de la part de gaspillage entre le secteur manufacturier et celui de la construction (MERLE, 2012)

Le Lean Construction

2.1.2. Gaspillages rencontrés dans la construction

Les gaspillages rencontrés dans la construction diffèrent légèrement de ceux recensés dans le Lean Manufacturing. Nous les illustrons ici par des exemples, répartis par famille (voir 1.1.1).

Familles	Exemples
Pauses	Fumer une cigarette, parler avec les collègues, répondre à un appel privé.
Préparation	Préparer le matériel, mesurer et tracer, nettoyer, vérifier les mesures.
Mouvements inutiles	Oublier du matériel et retourner le chercher, se déplacer du chantier à l'entreprise.
Défauts	Refaire un travail, endommager le matériel, perdre du matériel.
Sur-stockage	Avoir trop de matériel ou d'outils.
Opérations incorrectes	Mettre des pièces au rebut à cause d'une mauvaise utilisation du matériel.
Attentes	Attendre que les autres finissent leur travail, un collègue, une machine.

Tableau 1 : Exemples de gaspillages dans la construction

2.1.3. Limites et réserves

La mise en place de la philosophie Lean entraîne également des controverses et apporte son lot de détracteurs. Pour certains, il ne s'agirait que d'un nouveau mot pour un retour à un travail à la chaîne directement emprunté au taylorisme, avec son lot d'affections (comme les troubles musculo-squelettiques, ou TMS), tout en supprimant l'autonomie du salarié et son développement personnel.

Qu'en est-il réellement ? Quelles sont les réserves que nous pouvons émettre ou les limites de cette philosophie ?

2.1.3.1. Réserves sanitaires

Certains ergonomes du travail pensent que le Lean, loin d'être une démarche « win-win » (« gagnant-gagnant ») pour les salariés et l'employeur, serait plutôt préjudiciable aux employés (Schepman, 2014). Ceux-ci sont confrontés dans certains cas à une répétition des tâches et des cadences de plus en plus rapides et soutenues, provoquant des TMS, des arrêts maladies et une démotivation globale.

Cette inquiétude est relayée par l'INRS (INRS, 2013), qui met en garde contre une application trop extrême du Lean. Eliminer les déplacements inutiles est en effet bénéfique à la productivité ; toutefois, certains déplacements ou actions à non-valeur ajoutée sont en fait vitaux et ne doivent pas être supprimés (récupération du salarié). Par exemple, nous pouvons considérer la densification du travail, source de stress et d'exposition à de nouveaux risques, telles que les chutes de plain-pied pour les employés réalisant un contrôle visuel en se déplaçant (valorisation du déplacement).

Les outils mis en œuvre font aussi l'objet de plusieurs réserves. Le Juste à Temps, par exemple, peut induire du stress et des risques d'accidents. En effet, en tendant les flux, nous rendons la ligne plus sensible aux aléas, qui se répercutent très rapidement sur toute la chaîne en raison de la réduction des stocks tampons. Ces derniers permettent de faire face à un retard éventuel de livraison. L'adaptation des

Le Lean Construction

salariés à des changements de production fréquents et rapides n'est pas assez prise en compte : le personnel doit être polyvalent et pouvoir changer rapidement la série de pièces. Si cette polyvalence est un bon point à mettre au crédit de la démarche Lean, les salariés peuvent être mis dans l'incapacité de faire face aux exigences s'ils n'ont pas le temps de s'adapter.

Pour résumer, le Lean en lui-même n'induit ni stress ni augmentation des accidents ; c'est sa mise en œuvre qui, si elle est mal réfléchie, provoque ce genre de problèmes. Il faut laisser le temps aux employés de s'adapter, leur apporter les compétences nécessaires et veiller à ce que leur santé ne soit pas mise en danger à moyen ou long terme (temps de pause adapté, ne pas supprimer les déplacements ou actions permettant la récupération mentale ou physique par exemple).

C'est la principale difficulté rencontrée en France : au lieu de mettre en place une démarche Lean à long terme, nous le faisons encore trop souvent pour traiter des problèmes urgents.

2.1.3.2. Limite des outils et problèmes de mise en place

Les outils utilisés dans le Lean Manufacturing ne sont pas tous applicables au Lean Construction. Les problèmes de mise en œuvre de ces outils découlent directement de la nature particulière de la construction.

La littérature évoque ces éléments en tant que barrières au Lean Construction (Alinaitwe, 2009). Les principaux problèmes rencontrés pour adapter le Lean Manufacturing sont :

- l'unicité des produits ;
- la production sur le site où le produit est livré ;
- une organisation temporaire regroupant plusieurs entités ;
- la présence d'autorités de contrôle, induisant des incertitudes de planning par exemple (Almeida, 2002).

Le travail d'équipe, particulièrement recommandé dans la mise en place du Lean (via l'implication de chaque personne), est difficile à obtenir sur un chantier, en raison de la multiplicité des entreprises engagées (certaines travaillant ensemble pour la première fois, peut-être aussi la dernière). Il est également compliqué de mesurer la performance globale de l'équipe pour juger de la progression.

La conception d'un bâtiment est complexe et ne peut pas être simplifiée dans la majorité des cas, bien que la philosophie Lean tende à recourir à des conceptions simplifiées.

Les difficultés à mettre le Juste à Temps en place viennent des incertitudes dans le processus de production et de l'indisponibilité des ressources sur le marché local. Nous pouvons également évoquer la grande variabilité dans les demandes, que ce soit en fréquence ou en nature.

La démarche Lean est bien ancrée au Japon et nous pourrions penser, à priori, que la mise en place de cette philosophie ne donnerait pas les mêmes résultats dans le monde occidental. Est-ce que la différence de mentalité et de culture voue à l'échec l'implantation du Lean ?

Le Lean Construction

Il n'en est rien. En 1984, Toyota et General Motors se sont associés pour ouvrir une usine de fabrication automobile en Californie, sous le nom NUMMI (New United Motor Manufacturing, Inc.). La question de l'adaptabilité de la méthode aux USA a bien évidemment été posée, les constructeurs américains étant persuadés que cela ne marcherait pas (Holweg, 2007). L'opération a été une réussite, les temps de travail par voiture étant divisés par presque 2 et le nombre de défauts par 3. Cela illustre l'universalité de la méthode, et montre qu'une différence de mentalité n'est absolument pas une barrière à l'implantation du Lean.

Plus généralement, nous pouvons dire que cette philosophie peut traverser les océans mais aussi passer d'un corps de métier à un autre, à condition de l'adapter à chaque cas.

2.1.3.3. Raisons d'échecs

L'implantation du Lean n'est pas toujours une réussite. Au-delà des problèmes cités précédemment, il arrive que cela ne se passe pas bien et que la démarche soit abandonnée.

La principale difficulté qui peut survenir est un manque d'implication, que ce soit de l'encadrement ou des employés. Dans le cas d'Expertis CE (cf. l'entretien annexe 2), les erreurs commises sont nombreuses et ont empêché la philosophie Lean d'être déployée correctement :

- Absence de pilote ;
- Absence d'implication de la direction ;
- Absence de communication ;
- Absence d'indicateurs de performance ;
- Absence d'outils de diagnostic.

Nous constatons dans ce cas précis que ces erreurs ont contribué à l'échec de la mise en place de la philosophie Lean.

2.2. Recours aux nouvelles technologies

2.2.1. Définition

L'usage de NTIC (Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication) dans les entreprises se développe de manière exponentielle. Elles proviennent d'une réflexion concernant l'interopérabilité entre les acteurs. Les différentes entreprises du bâtiment et de la construction souhaitent de plus en plus s'engager sur le chemin de l'amélioration de l'organisation de leur travail et sur les échanges d'informations entre acteurs : il s'agit d'une démarche qualité visant une perspective d'ingénierie concourante. Les plans deviennent des fichiers, les échanges des flux contractuels et les acteurs des émetteurs, récepteurs et destinataires.

Le Lean Construction

Développés à partir des années 80, les premiers logiciels étaient plus des logiciels de CAO spécialisés par métier. Dès les années 90, la volonté d'intégrer l'interopérabilité pousse les entreprises à utiliser des outils ouverts sur le Web et des collecticiels répartis sur réseau. Les années 2000 coïncident avec la création de logiciel de CAO 4D, la troisième dimension caractérisant l'évolution du processus. L'évolution des modes de fonctionnement a donc entraîné conjointement l'évolution des technologies utilisées.

Les NTIC appliquées au secteur de la construction peuvent servir à :

- Contrôler et suivre le projet ;
- Réaliser un historique ;
- Apprécier la qualité des travaux ;
- Assurer le contrôle des comptes ;
- Prévoir la maintenance ;
- Garder une traçabilité du bâtiment ;
- Juger de la qualité du bâtiment par rapport à son intégration au sein de son environnement direct et indirect, ainsi que par rapport à son contexte.

Par la suite, nous développerons deux exemples de NTIC, qui sont représentatifs de ceux utilisés actuellement et selon deux points de vue différents.

2.2.2. La maquette BIM

La maquette BIM ou Building Information Model est une maquette numérique 3D qui permet la visualisation des bâtiments, des machines, etc. Elle rentre dans la catégorie des logiciels de CAO 4D cités précédemment. Elle permet donc de retranscrire l'évolution tout au long du processus. Rien n'est plus figé, mais les données et les informations sont mises à jour en temps quasiment réel. De plus, les informations ont pour vocation d'être partagées.

Le Lean Construction

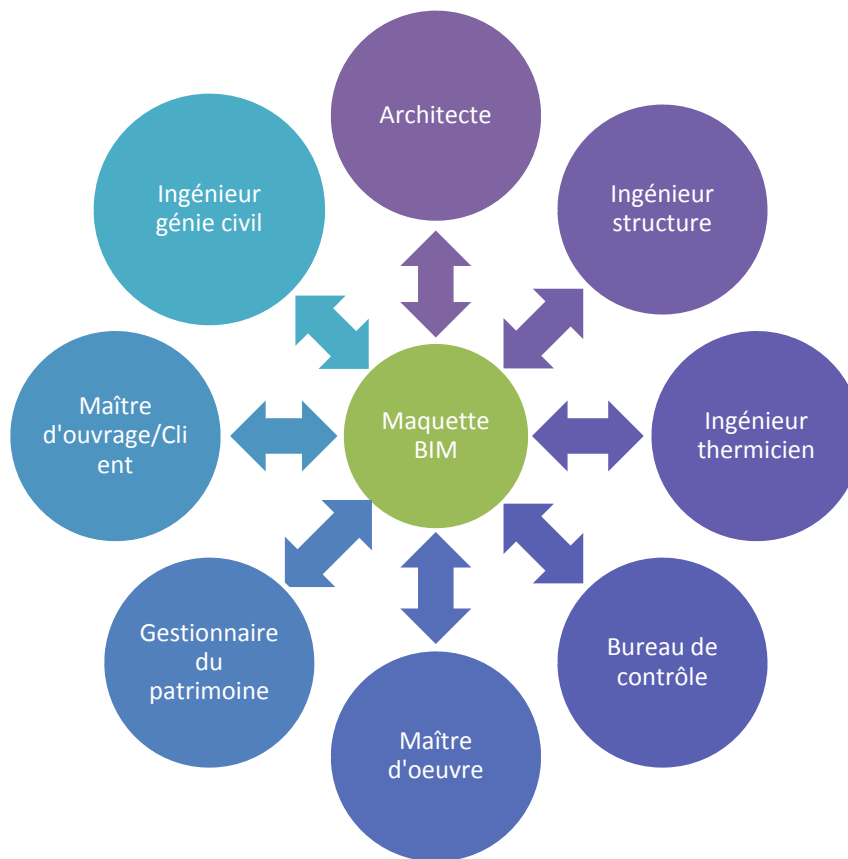


Figure 9 : Représentation des interactions entre la maquette BIM et les acteurs

La maquette BIM permet donc l'amélioration de plusieurs points :

- Elimination ou diminution des gaspillages ;
- Meilleure communication avec le client ;
- Evaluation des étapes qui confèrent réellement de la valeur du point de vue du client ;
- Elimination ou réduction des étapes qui ne confèrent pas de valeur, par l'utilisation de la simulation ;
- Amélioration du passage entre les différentes étapes du projet, pour aller vers des actions en continu, sans aucune rupture ;
- Meilleure lisibilité pour le client, qui peut ainsi faire des retours rapides, positifs ou négatifs sur le devenir de son projet ;
- Amélioration continue ;
- Transparence transversale : entre les corps de métier et avec le client.

2.2.3. Les ERP

Les ERP (Enterprise Resource Planning), appelés également Progiciels de Gestion Intégrés (PGI) ont pour objectif de coordonner toutes les activités de l'entreprise autour d'un même système d'information.

Les PGI peuvent être définis comme tels : « un progiciel de gestion intégrée est un système d'information puisqu'il s'agit d'un ensemble organisée de ressources logicielles, structurelles comme les données (relatives aux clients, aux ressources humaines, à la production, à la supply chain et à la gestion

Le Lean Construction

financière) et les procédures (flux d'information) permettant d'acquérir, de stocker, de communiquer des informations sous forme de données (financières...) ou documents (bilans financiers...) dans une ou des organisations. » (BOSCH-MAUCHAND & EYNARD, 2011)

Ainsi, ils ont pour objectifs (cf. annexe 3) :

- de collecter les données ;
- de veiller à l'unicité des données ;
- de structurer et épurer les données ;
- de stocker et traiter l'information ;
- et de la diffuser aux acteurs.

Un bon système d'information est un système utile, rapide d'accès, fiable, sécurisé, éthique et pour un coût minimal.

Une base de données unique est ainsi mise en réseau, permettant la diffusion des données nécessaires en temps utile.

Les ERP sont donc un outil d'aide à la décision, intégrant tous les champs de gestion ainsi qu'une grande capacité de paramétrage.

Ces logiciels permettent donc une amélioration du fonctionnement global de l'entreprise. De plus, avec les données collectées, il est aisé de calculer les indicateurs de performance adéquats. Même s'ils sont plutôt utilisés dans le domaine industriel, il pourrait être intéressant de s'interroger sur leur utilisation au niveau d'un chantier de construction.

2.3. Les outils applicables

Nous avons jusqu'à maintenant établi un état de l'art. L'objectif est maintenant d'utiliser ces connaissances et nos réflexions afin de pouvoir mettre en œuvre le Lean sur un chantier de construction. Pour cela, nous commencerons par détailler les outils que nous pensons facilement applicables dans ce cas.

2.3.1. Détermination des causes

Les outils présentés ici peuvent être utilisés pour mener une réflexion sur les causes d'un problème. En effet, sur les chantiers de construction, les problèmes rencontrés sont nombreux : pertes d'outils, problèmes de plan, allers-retours inutiles à la camionnette, etc.

Ainsi, on peut donc réaliser le diagramme Ishikawa, pour chacun des cas. Il est aussi connu sous le nom de « diagramme des 5M » en raison des différentes catégories de causes recherchées (BACHELET, 2011), à savoir :

- Machines : regroupe les moyens techniques, par exemple une machine-outil incapable d'assurer un usinage dans les tolérances souhaitées ;

Le Lean Construction

- Main d'œuvre : manque de formation ou manque de communication ;
- Matière : tout ce qui concerne les inputs du processus, par exemple une qualité variable des livraisons ;
- Méthodes : on considère ce qui relève de la conception ou la planification ;
- Milieu : (ou contexte) par exemple culturel, social (mécontentement des employés) ou matériel (mauvais aménagement).

A ces 5M, nous pouvons en ajouter deux supplémentaires (Aubert-Lotarski, 2007) (LUXINNOVATION, 2008), selon les cas :

- Management : méthodes d'encadrement, délégation, ...
- Moyens financiers : budget alloué, coûts ...

Pour utiliser cet outil, il faut former un groupe de travail pluridisciplinaire et s'assurer de la participation de chacun. Le recours au brainstorming est encouragé, pour tenter de trouver des causes au problème posé. La suite de la démarche consiste à identifier les causes principalement responsables du problème, pour ne se concentrer que sur elles.

Le diagramme est donc ainsi représenté :

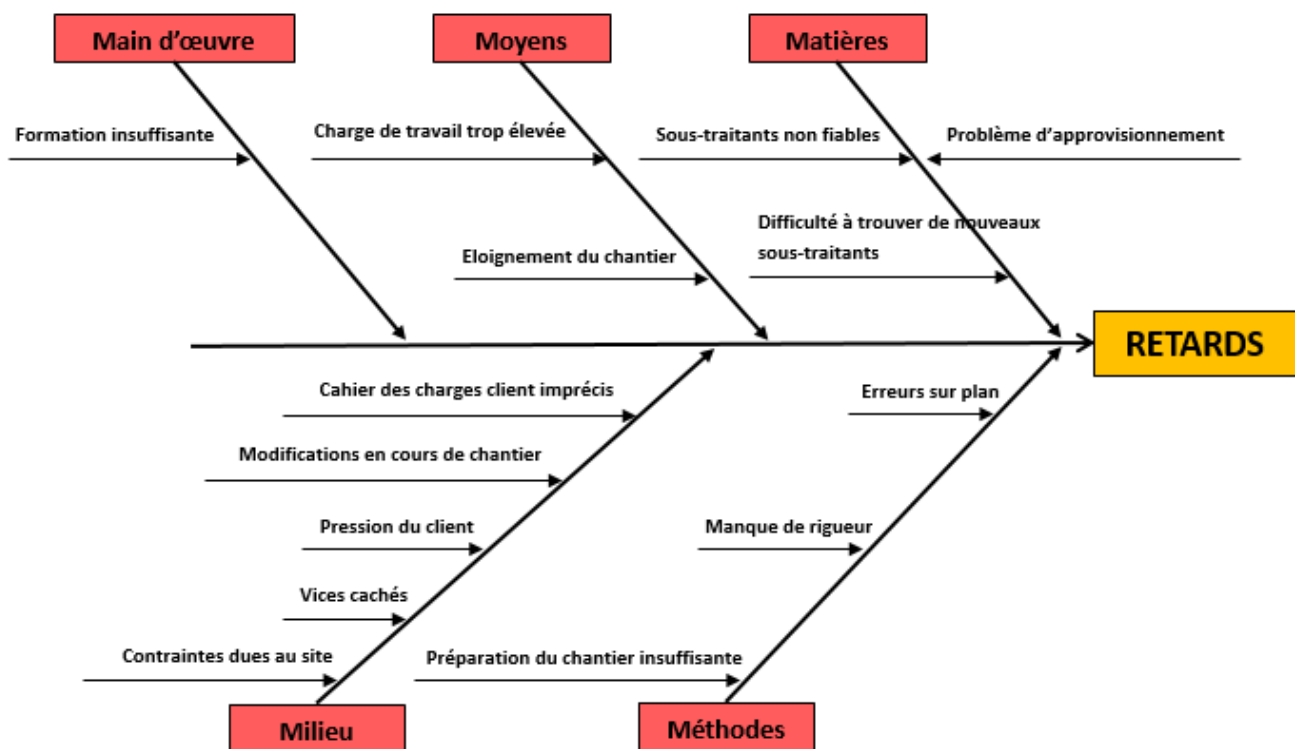


Figure 10 : exemple de diagramme Ishikawa pour déterminer les causes potentielles des retards du chantier.

Il s'agit donc bien d'un outil qui permet de mettre en évidence les causes qu'il faut traiter par la suite.

Le Lean Construction

Cet outil est souvent associé aux 5 P ou 5 « Pourquoi ». Il s'agit de poser 5 fois de suite la question pourquoi, permettant ainsi de remonter jusqu'à la source des problèmes. En général, avant les 5 pourquoi, la cause d'origine est déterminée.

L'exemple suivant illustre l'emploi de cet outil sur un cas de panne de voiture : la voiture ne démarre pas.

1. Pourquoi ? La batterie n'est pas chargée.
2. Pourquoi ? L'alternateur ne fonctionne pas.
3. Pourquoi ? La courroie de l'alternateur est cassée.
4. Pourquoi ? La courroie est usée car je n'ai respecté la durée préconisée par le constructeur.
5. Pourquoi ? Je n'ai pas respecté les préconisations du constructeur = la cause racine.

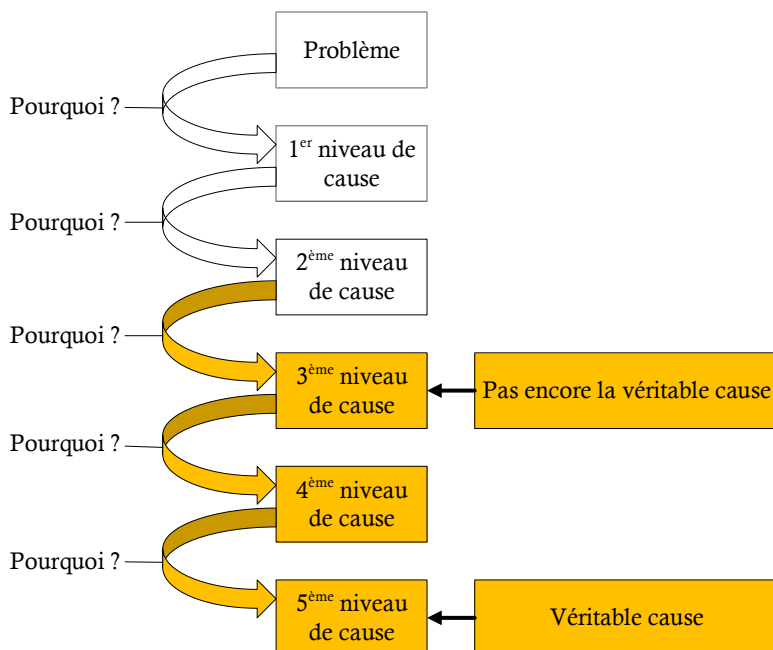


Figure 11 : Démarche de résolution des 5 pourquoi (gestsyinfo, 2014)

2.3.2. L'organisation

La mise en place des 5S constitue un atout évident face au désordre qui règne encore trop souvent sur les chantiers de construction.

Les trois premiers « S » désignent les mots japonais suivants :

- Seiri : débarrasser, trier ce qui est utile et éliminer l'inutile ;
- Seiton : ranger ;
- Seiso : nettoyer.

La mise en place requiert la participation de tous. C'est une action 3S qui se déroule sur un ou plusieurs jours.

Dans un premier temps, toutes les personnes doivent faire du tri entre les choses utiles et celles inutiles. L'objectif est d'éliminer au maximum tout ce qui peut l'être.

Le Lean Construction

La seconde étape consiste à ranger : pour cela, il faut commencer par établir les règles de rangement :

- Ranger de façon rationnelle le poste de travail (proximité, objets lourds faciles à prendre ou sur support, ...);
- Rendre évident le placement des objets par des marquages ;
- Placer les objets d'utilisation fréquente près de l'opérateur ;
- Classer les objets par ordre d'utilisation ;
- Standardiser les postes.

Une fois ces deux étapes réalisées, il est beaucoup plus facile de nettoyer le poste de travail. Quelques règles simples sont à appliquer :

- Décrasser, inspecter ;
- Remettre systématiquement en état ;
- Faciliter le nettoyage et l'inspection ;
- Supprimer l'anomalie à la source.

Bien entendu, cet outil ne doit pas être utilisé de manière ponctuelle, les efforts de rangement et de nettoyage sont à faire de manière continue et durable dans le temps. C'est pourquoi il est possible de parler également de 5S. Il faut alors ajouter en plus des 3S précédents les deux suivants :

- Seiketsu : rendre évident, maintenir la propreté dans le temps ;
- Shitsuke : être rigoureux.

Cet outil permet d'agir sur les mouvements inutiles et d'améliorer l'ergonomie du poste de travail.

Il est aisé de faire ici un parallèle avec le fameux « produire au bon endroit, au bon moment, en bonne quantité et au bon coût » du secteur manufacturier. Le matériel et les personnes doivent être au bon endroit, au bon moment et au meilleur coût.

La démonstration qu'une bonne organisation au sein d'un système est nécessaire n'est plus à faire, elle est bien comprise par tout le monde mais encore trop peu mise en application. L'outil des 3S est donc celui qui nous garantira la meilleure réussite dans ce domaine, avec l'extension aux 5S qui nécessite une pérennité dans le temps ; ce qui fait défaut de manière générale.

2.3.3. Point de vue valeur ajoutée

Un autre paramètre de la démarche Lean consiste à prendre en compte de la valeur ajoutée du point de vue du client. Pour cela, nous pourrions appliquer au chantier de construction l'AMDEC et le VSM.

L'AMDEC ou Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité, est quant à elle un outil préventif qui permet de regarder si le cahier des charges est en adéquation avec les attentes du client. Cela permet ainsi de s'intéresser à ce que représente la valeur ajoutée pour le client.

Le Lean Construction

Rappelons qu'il existe trois types d'activité :

- celle à valeur ajoutée ;
- celle à valeur non ajoutée ;
- celle à non-valeur ajoutée mais nécessaire (réglage d'une machine par exemple).

Le but est de valoriser la première, diminuer voire éliminer la deuxième et réduire la troisième. Sa finalité est de mettre en place des plans d'actions préventives visant à éliminer ou réduire les risques liés à la sécurité de l'utilisateur, à la non-qualité, à la perte de productivité et à l'insatisfaction des clients.

Les risques de défaillance sont donc traités à la source. Il faut également remarquer ici que pour déterminer les modes de défaillance de manière exhaustive, il est possible d'utiliser les 5M et les 5 « Pourquoi » que nous avons détaillé auparavant.

Un autre outil mis en œuvre dans le déploiement de la philosophie Lean est : le VSM (Value Stream Mapping) ou cartographie des flux de valeurs. Le VSM consiste à créer une carte des flux de matériaux à travers la production et des flux d'informations du consommateur vers chaque processus de production (Abdulmalek & Rajgopal, 2006). Le but est d'identifier tous les gaspillages et de prendre des mesures visant à les éliminer. Les processus ne sont plus considérés de manière individuelle mais nous nous intéressons à la production dans sa globalité.

Le flux de valeur regroupe toutes les actions requises pour faire passer un produit de l'état initial à l'état final, autrement dit de la conception au produit fini. La démarche est la suivante :

- Sélectionner une famille de produits, en commençant par le point le plus proche du consommateur ;
- Remonter la chaîne et cartographier le système à un moment donné : s'intéresser au flux de matière et au flux d'information ;
- Identifier les gaspillages ainsi que leurs sources ;
- Rechercher des solutions et les appliquer ;
- Rédiger la carte idéale vers laquelle le système de production doit tendre.

Le but est bien ici de s'ancrer dans une démarche d'amélioration continue puisque la carte idéale est amenée à évoluer continuellement.

Le Lean Construction

Cette démarche est peu onéreuse puisqu'il suffit de la réaliser avec feuille et crayon. En remontant le flux à pied, la carte est tracée au fur et à mesure (figure 13) en se servant de symboles adaptés (figure 12).

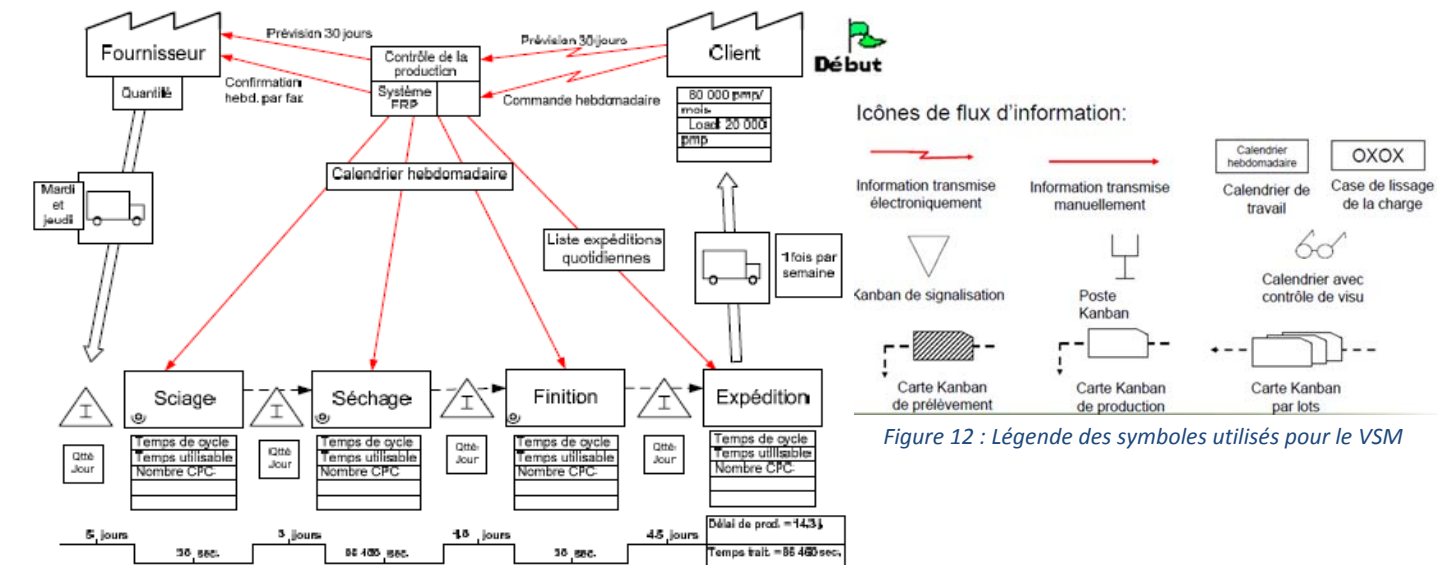


Figure 13 : VSM d'un processus

Ainsi, lorsque la cartographie est réalisée, il est nécessaire de collecter des informations sur chaque étape ainsi qu'entre les étapes. Les boîtes de processus renseignent les données suivantes (Rother & Shook, 1999) :

- Temps de cycle ;
- Temps de setup (réglage) ;
- Temps d'usinage ;
- Période avant de changer de lot : « every part every... » (EPE) ;
- Taille de lot ;
- Nombre d'opérateurs ;
- Nombre de variations produits ;
- Temps travaillé (moins les pauses) ;
- Taux de rebut.

Le but est d'obtenir toutes les informations nécessaires à la bonne compréhension du système de manière globale.

Les pistes d'amélioration du système sont aussi diverses que variées ; mais nous pouvons citer la production au takt time (cadence de production correspondant à la demande du client), le développement du travail en flux continu ou la prise en compte du « pacemaker process », autrement dit du maillon cadenceur.

Le Lean Construction

L'identification et la cartographie de tous les flux mettront en évidence les divers gaspillages sur le chantier de construction. En s'intéressant à celui-ci de manière globale et non plus individuelle, notre point de vue s'élargit et cela permet d'observer certains flux et facteurs invisibles auparavant. Il faut ici rappeler que la somme des optimums locaux ne correspond pas forcément à l'optimum global.

Le VSM est pour le chantier de construction l'une des démarches les plus importantes, puisqu'il y a énormément de flux en interaction (humains ou matériels).

2.3.4. Objectif qualité

La matrice qualité base sa réflexion sur les produits. Ainsi, sur un chantier de construction, il est possible d'appliquer cet outil (figure 14) : il faut réaliser la liste des défauts associés au produit. Par la suite, la décomposition de ces défauts par niveau de gravité devra être établie :

- 1^{er} niveau : défauts mineurs, ne nécessitant pas l'arrêt du chantier ;
- 2^{ème} niveau : défauts majeurs, nécessitant un arrêt temporaire d'une partie du chantier ;
- 3^{ème} niveau : défauts critiques, nécessitant l'arrêt complet du chantier.

Ainsi, la mise en évidence de la localisation de l'origine des défauts et des indices de probabilités permet de savoir sur quel ensemble ou sous-ensemble il faudra agir en premier.

Le but est de déterminer des priorités d'action à mettre en place, de manière claire en indiquant le lieu, les ressources mises en œuvre, etc.

liste des défauts liés au produit critères qualité chiffrés et classés ensembles et sous-ensembles de l'équipement

Risque	Libellé du défaut	Classification et critères			Gr 1B	Gr 1C	Gr 2sup	Gr 2inf	Gr 3
		Mineur	Majeur	Critique	Pli central	Couteaux	Faucuap	Faucuinf	Pliage W
	SACHET								
C	Pli central: non moleté, mal fermé,	NA	NA	si fuite de thé à l'eau chaude	●				
C	PI central trop moleté, ouvert	Trop moleté, ouvert	NA	si fuite de thé à l'eau chaude	●				
C	Pli latéral se déchire, se troue	NA	NA	si fuite de thé viruelle à l'eau	●				
	Pli W	NA	NA	si fuite de thé	●	●	●		●
C	Tête carrée	si 5% sans fuite de thé	si 5% sans fuite de thé	si fuite de thé		●			○
	Décalage sachet (sur hauteur)	NA	NA	1 sachet avec l'avant non tenu		●	○		●
C	sachet souillé	NA	NA	1 sachet	○	○	○		○
	Sachet vide				●				
	Sachet croisé	NA	- ou -1mm	+1mm	●	●	○		●
C	Manque agrafe sachet	NA	NA	1 sachet					○
	Agrafe sachet cassée ou déformée	NA	NA	1 sachet		○	○		○

défauts pouvant faire l'objet de réclamations localisation de l'origine des défauts indices de probabilité noirs : forte probabilité blancs : faible probabilité

Figure 14 : Exemple de matrice qualité

Le Lean Construction

Il est également possible d'ajouter à cela le diagramme Pareto, déterminant ainsi quels sont les 20% de défauts qui provoquent 80% des gaspillages. C'est donc ces défauts qu'il faudra traiter en priorité par des méthodes correctives puis préventives. Il permet également de percevoir quel est le niveau d'avancement de la résolution du problème.

Pour construire un diagramme de Pareto, il convient au préalable de trouver toutes les causes de non-conformité et de les pondérer selon leur fréquence d'apparition et leur gravité relative. Les données sont ensuite triées par ordre croissant, ce qui permet à l'aide de la somme calculée, de trouver le pourcentage de chaque défaut ainsi que les pourcentages cumulés (LE COZ, 2001).

Le tableau obtenu (tableau 2) nous sert donc à tracer le diagramme correspondant (figure 15) (HARDOUIN, 2014) :

Éléments matériels	Accident du travail	Cumul	% cumulé
Manutention manuelle	46145	46145	37,64 %
Accidents de plain-pied	40019	86164	70,28 %
Chutes de hauteur	14583	100747	82,17 %
Outils portatifs	5260	106007	86,46 %
Masse en mouvement	5164	111171	90,67 %
Levage	3633	114804	93,63 %
Véhicules	3370	118174	96,38 %
Machines	2554	120728	98,47 %
Appareils contenant des fluides	1460	122188	99,66 %
Vapeurs, gaz, ...	177	122365	99,8 %
Engins de terrassement	125	122490	99,9 %
Électricité	118	122608	100 %
TOTAL	122608		

Tableau 2 : Causes d'accidents du travail en 2010

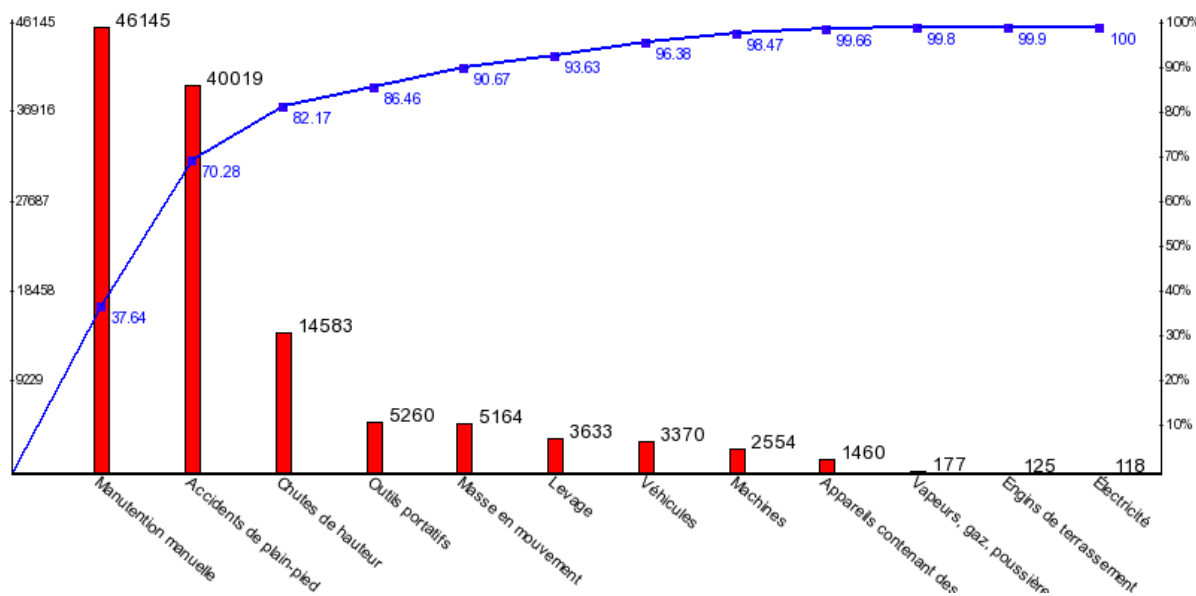


Figure 15 : Diagramme de Pareto des causes d'accidents du travail

Mise en place du Lean Construction sur un chantier

Nous pouvons constater que traiter les postes « manutention manuelle », « accidents de plain-pied » et « chutes de hauteur » (soit 25% des causes) revient à traiter 82% du nombre total d'accidents du travail. Ici, le nombre d'accident avait été pris en compte; les causes à traiter changeraient si un autre critère de classement était utilisé, la gravité par exemple.

Bien que ces outils n'aient pas été développés spécifiquement pour l'application à un chantier de construction, il est facilement envisageable de les transposer, soit directement, soit après quelques modifications. L'objectif est bien de proposer une démarche permettant de réduire les gaspillages, dans l'optique d'une démarche d'amélioration continue, qui a des retombées aussi bien sur le client que sur l'entreprise.

Le tableau 3 récapitule les outils que nous venons de voir et indique l'action de chacun.

OUTILS	Problèmes	Causes	Solutions	Traitement du problème
Le diagramme Ishikawa		X		
Les 5 « Pourquoi »		X		
Le 3S-5S			X	X
L'AMDEC	X	X		
Le VSM	X	X		
La matrice qualité	X	X		
Le diagramme de Pareto		X		

Tableau 3 : Récapitulatif des outils utilisés

PARTIE 3 - Mise en place du Lean Construction sur un chantier

Nous proposons de mettre en scène une application concrète sur un chantier de construction.

3.1. Pistes d'application sur un chantier

Le cycle à suivre pour entrer dans une démarche d'amélioration continue passe par les étapes suivantes :

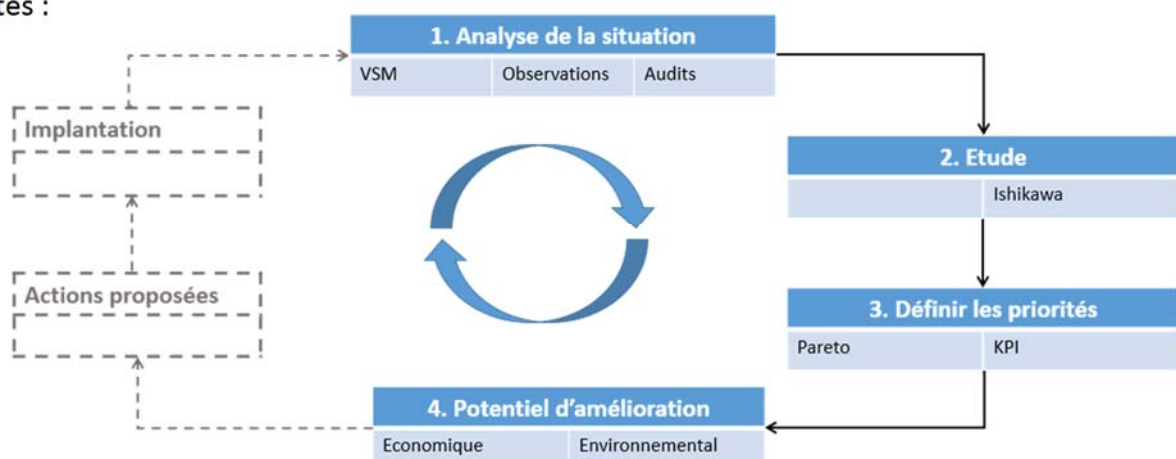


Figure 16 : cycle d'application des outils (ARLEROTH & KRISTENSSON, 2011)

Mise en place du Lean Construction sur un chantier

3.1.1. Choix du pilote

Le projet pilote doit être une vitrine de l'efficacité de la démarche. Les personnes observant le pilote doivent voir une amélioration rapide et des effets visibles. Pour prendre l'exemple d'un projet pilote 5S, le site pilote doit être réputé pour être encombré, en désordre, quasiment inaccessible.

Dans tout projet d'amélioration, on compte 3 zones, notées A, B, et C (figure 17) :

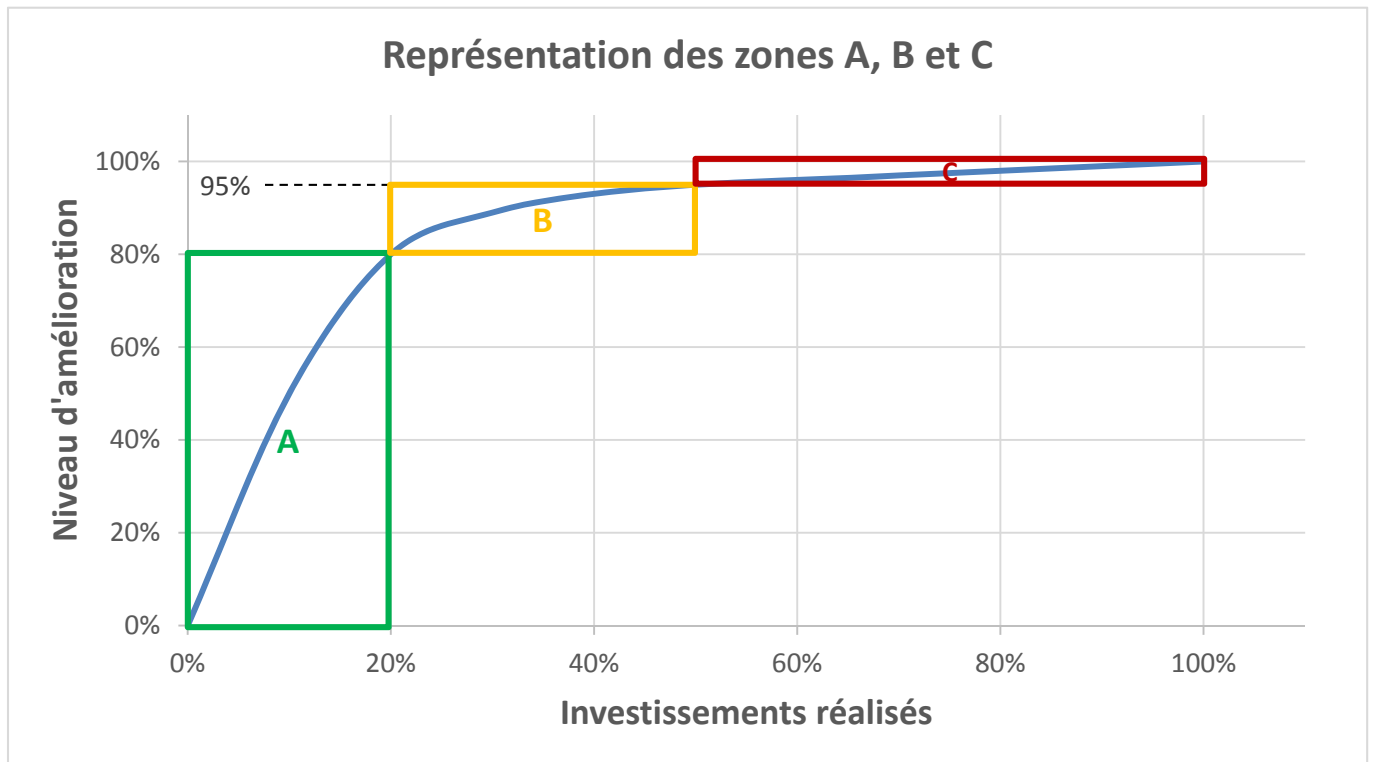


Figure 17 : Représentation des 3 zones A, B et C (Pareto)

Dans la zone A, les améliorations sont très rapidement visibles, pour un investissement faible. Le projet sélectionné doit se situer dans cette zone : ainsi, les employés voient que la méthode utilisée donne des résultats rapides. Il s'agit ici de les convaincre de l'efficacité de la méthode et de les faire adhérer à la démarche déployée.

Les deux zones B et C n'ont pas d'attrait particulier pour un pilote : les améliorations seraient beaucoup plus difficilement visibles.

Il nous faut soulever un autre point important lors de la recherche de pilote : le projet visé ne doit pas être en fin de course ; il ne doit pas être amené à disparaître dans les mois suivant le début de la démarche. Cela ne sert à rien d'optimiser un processus qui est condamné à disparaître : un ancien produit par exemple. Dans notre cas d'étude, le début de la démarche doit coïncider avec le début du chantier.

La dernière partie du choix de pilote concerne le choix des participants. Les personnes concernées doivent être convaincues du bien-fondé de la méthode et disposer des compétences nécessaires à l'utilisation des outils pour mener à bien le projet. L'implication à tout instant de l'encadrement est bien sûr un impératif pour la réussite du projet.

Mise en place du Lean Construction sur un chantier

Quand tous ces éléments sont réunis, le projet pilote peut démarrer avec les meilleures chances de succès. Pour s'assurer du rayonnement du pilote dans l'entreprise, il est nécessaire de se concentrer sur une bonne communication pour que tous les salariés soient mis au courant des évolutions de la démarche et surtout de son efficacité.

3.1.2. Communication

La communication autour du pilote doit faire l'objet d'une attention toute particulière. En effet, c'est par ce projet pilote qu'il va être possible de montrer que les actions menées sont utiles et bénéfiques pour l'entreprise elle-même, l'encadrement et surtout les employés.

3.1.2.1. Au sein de l'entreprise

Bien avant la mise en place même du projet pilote, il faut communiquer avec tout le personnel pour montrer qu'il y a une volonté évidente de la part de l'encadrement de développer ces techniques : attirer la curiosité du personnel, réaliser un diaporama court récapitulant les attentes et les objectifs.

Une fois le projet mis en place, il faut pouvoir communiquer sur l'évolution des résultats en fonction des objectifs. C'est là que les tableaux de bords doivent être utilisés. Nous avons évoqué dans notre première partie les différents types de tableaux. Nous préconisons ici l'utilisation de ceux qui permettent le suivi des flux. Ces tableaux sont à destination des acteurs du pilote mais aussi de toutes les autres personnes de l'entreprise. Tout le monde doit pouvoir voir les progrès, même s'ils ne font pas partie de l'équipe.

Il s'agit pour cela de démontrer la pertinence et la nécessité du projet. Il ne faut cependant pas biaiser les résultats : les tableaux de bords doivent refléter la réalité, même si les indicateurs sont négatifs. Sans cela, l'efficacité de la méthode pourrait être remise en cause. Le management visuel est aussi nécessaire que le management d'équipe. La base de ce système étant la confiance et l'implication de tous, il faut que la démarche reste honnête quoiqu'il arrive. De plus, il faut laisser aux personnes la possibilité de s'exprimer, en les encourageant à rester constructives ; par exemple, s'ils émettent une critique, leur demander de proposer une piste d'évolution qui leur conviendrait.

Enfin, une fois que le chantier pilote est terminé, il faut prendre le temps de revenir sur les actions qui ont été menées en dressant un bilan : constater les effets des actions, négatifs ou positifs et collecter les remarques éventuelles. Le but est de propager par la suite le fonctionnement mis en place lors du pilote sur les autres chantiers.

Cela peut également passer par le témoignage des ouvriers du pilote : ce sont eux qui ont le plus de chances de convaincre les autres, puisqu'ils savent ce qui se passe habituellement et peuvent faire une comparaison objective. S'il y a eu des anomalies ou des effets inverses à ceux souhaités, il ne faut pas hésiter à en parler pour faire ressortir les causes réelles et les corriger pour le prochain chantier.

Mise en place du Lean Construction sur un chantier

3.1.2.2. Avec les autres entreprises

Nous sommes partis du fait que sur un même chantier de construction, plusieurs entreprises sont présentes. Elles doivent travailler ensemble ou consécutivement sur le même lieu mais surtout dans le même but : la construction d'un bâtiment. A partir de ce constat, nous nous sommes demandés s'il ne serait pas plus pertinent de voir l'ensemble des entreprises concernées au lieu d'une seule. Ainsi, nous rejoignons l'idée de la maquette BIM développée plus tôt.

Avant d'arriver à cette évolution complète, il peut être intéressant de voir qu'une entreprise peut devenir l'étincelle qui mettra l'application du Lean au cœur de toutes les autres sociétés. C'est là qu'intervient la communication.

Communiquer sur ce qui est fait dans l'entreprise peut inciter la concurrence à faire de même. N'étant pas rattachés à une entreprise particulière, nous voyons ce développement potentiel comme une chance. Dans une entreprise de production, il n'est pas rare que celle-ci propose à ses fournisseurs et à ses clients d'entrer avec elle dans une démarche globale d'amélioration continue. C'est ce principe que nous souhaitons évoquer ici mais appliqué aux chantiers de construction.

Dans notre cadre d'étude, il faut surtout penser à développer le management visuel à destination des clients et des autres entreprises. Mettre en œuvre des démarches d'amélioration continue a des effets bénéfiques sur la renommée de l'entreprise. Par rapport aux concurrents, cela permet de se différencier et de gagner des parts de marché.

Nous venons d'expliquer qu'il fallait pouvoir suivre l'évolution des actions menées sur le chantier pilote. Il faut pour cela pouvoir utiliser les indicateurs de performance adéquats.

3.1.2.3. Le suivi du chantier pilote : les bons indicateurs

Nous l'avons vu précédemment, les indicateurs se déclinent sous forme de triplet, incluant la variable essentielle, l'objectif et la mesure. Nous proposons les quatre critères suivants :

- Le temps de panne par jour,
- Le retard par rapport au planning,
- Le nombre de manquants (plans, matériel, informations, etc.),
- Le nombre d'accidents classés par niveau de gravité.

Afin de fixer des objectifs atteignables, nous souhaitons garder une marge de 0 à 10 minutes de temps de panne par jour. Pour toutes les autres variables, nous pensons que l'objectif zéro est réalisable.

Il convient de rappeler que ces indicateurs ne sont que des propositions qui sont adaptées à notre cas particulier. Il est fortement conseillé de les adapter à chaque situation et chantier.

Mise en place du Lean Construction sur un chantier

3.2. Traitement des causes évidentes

Les chantiers de construction sont réputés pour être des endroits peu ordonnés, cette caractéristique étant même reprise dans le dictionnaire : « Chantier : *Familier. Lieu en désordre : Quel chantier !* » (LAROUSSE, 2014). Nous constatons des zones de stockage non contrôlées et disséminées sur le chantier (figure 18). Nous pouvons également évoquer l'absence de rangement souvent constatée dans les véhicules de chantier : cela rend la recherche de matériel longue et parfois dangereuse.



Figure 18 : Zone de stockage sur un chantier

Il est donc important, en priorité, de traiter les défauts de niveau 2 et 3 (cf. 2.3.4.) : en effet, ils sont suffisamment graves pour induire un arrêt de l'activité (et donc une perte de temps). Supprimer leurs causes permettrait d'augmenter le temps de fonctionnement et donc le taux de rendement synthétique (cf. annexe 4).

Pour traiter ces défauts, nous proposons des outils qui ont pour vocation d'être simples à utiliser et/ou d'avoir une action immédiate et très visible.

3.2.1. Cadre

Avant de poursuivre, il nous faut définir le cadre de notre exemple. La majorité des entreprises du BTP en France sont des petites et moyennes entreprises, voire très petites (cf. les statistiques 2012 en annexe 5). Nous prendrons donc pour exemple, la composition suivante : 25 personnes, 4 équipes de pose, 4 camionnettes. Nous choisissons une entreprise de cette taille, afin de pouvoir détailler les différents niveaux de la communication : dans une entreprise de plus petite taille, la communication est plus floue à mettre en place. La partie communication d'un pilote est une étape des plus importantes, c'est pourquoi nous la mettons en valeur.

Mise en place du Lean Construction sur un chantier

Le projet pilote a déjà été choisi, suivant les critères que nous avons établi (cf. 3.1.1). Le pilote est composé d'une équipe de pose et d'une camionnette, agissant sur un chantier de trois mois. Tous les acteurs choisis l'ont été pour leur volonté d'implication et leur ouverture d'esprit. Toutes les autres personnes de l'entreprise ont été mises au courant de cette démarche et attendent une communication importante à ce sujet, comme nous l'avons démontré précédemment.

Il convient ici de préciser que la taille de l'entreprise et la durée du chantier ne sont en aucun cas des entraves à la mise en place des outils du Lean.

D'un point de vue fonctionnement global de l'entreprise, nous prendrons le cas où les employés passent chaque jour par l'entreprise, aussi bien le matin que le soir. De plus, chaque semaine, 2 heures par personne sont allouées à l'utilisation des outils Lean pour les acteurs du pilote.

3.2.2. Faire table rase

Le 3S est utilisable autant dans le véhicule de chantier que sur le site de construction.

L'opération de nettoyage est appelée « Marée Blanche » (Bédry, 2012). Avant de la lancer, nous faisons remonter les idées des ouvriers, afin d'orienter le nettoyage et le rangement. Nous analysons également la part de valeur ajoutée dans le processus, la cartographie du flux de valeur voire la maquette BIM, si elle existe. Quand toutes les données sont regroupées, le projet peut enfin débuter.

Dans notre cas, un jour sera banalisé pour étendre cette marée blanche à l'équipe du pilote. Cette période leur permet de s'occuper de leur camionnette.

Une fois que tout a été refait et rangé par les salariés eux-mêmes, permettant ainsi de les impliquer encore plus dans la démarche, il faut s'assurer que tout reste en place : ils prennent un nouveau départ.

3.2.3. Repartir sur de nouvelles bases

Nous faisons ici intervenir les 2 derniers « S » des 5S. Nous utilisons pour cela le management visuel, où la place de chaque outil doit être marquée. Dans les camionnettes de chantier, l'aménagement qui a été réalisé est également marqué (figure 19). Ainsi, d'un coup d'œil, les ouvriers peuvent constater si chaque matériel est bien rangé et s'il y a des manquants.

Mise en place du Lean Construction sur un chantier



Figure 19: Exemples de management visuel (ambulance et camionnette de chantier)

L'avancement du projet 5S est suivi, de la même manière que pour les 3S, par des audits.

De même, pour chaque camionnette, on édite une Check List, recensant tout le matériel nécessaire pour le chantier. Avant de partir, l'équipe vérifie que tous les éléments sont présents (présence du matériel, des plans, ...), pour éviter tout oubli avant de partir sur site. Cela permet de contrôler que les outils disposent de pièces de rechange : par exemple, plusieurs forêts pour les perceuses. Ainsi, l'arrêt de l'activité en cas de casse est évité.

Nous pouvons ici faire un parallèle avec le secteur ambulancier, où une telle vérification est effectuée quotidiennement, ou encore avec le secteur aéronautique, où les pilotes utilisent cet outil pour s'assurer du bon fonctionnement de l'appareil. Ils procèdent d'ailleurs à un contre-examen (pilote et co-pilote) pour réduire au maximum le risque d'erreur. Le personnel du bloc opératoire y est assujéti également depuis le 1^{er} janvier 2010 (VINCENT & MALYE, 2012).

Une règle simple doit être mise en place : le matériel ne doit pas être déplacé. Ainsi, il ne sera pas déclaré manquant et donc recommandé.

En éliminant le désordre et les oublis, une grande part des gaspillages est réduite. Il reste toutefois encore des défauts qui peuvent être considérés comme critiques.

3.2.4. Rechercher les défauts restants

Les salariés sont les mieux placés pour savoir quels problèmes surgissent le plus souvent et sont les plus graves. Ils peuvent alors se servir de leur expérience et utiliser un outil simple, leur permettant de faire remonter l'information très rapidement : le Pareto.

Mise en place du Lean Construction sur un chantier

Ainsi, en collaboration avec le bureau des méthodes, ils peuvent définir les problèmes à traiter en priorité. Nous distinguons deux cas :

- les problèmes pouvant être directement supprimés par l'équipe d'ouvriers,
- ceux nécessitant un travail de fond, à mener conjointement.

Cette partie de recherche des défauts restants par les ouvriers est à réaliser en parallèle avec les autres méthodes que nous détaillons dans la partie 3.3. Les salariés participent ainsi à l'amélioration du fonctionnement de l'entreprise et se sentent plus impliqués.

3.2.5. Permettre la communication entre l'équipe et le bureau des méthodes

Différentes informations sont susceptibles d'être échangées : demande de matériel (quincaillerie, outils), remontée de problèmes, demande de renseignements ou de plans, etc. Il faut donc concevoir un support permettant aux 2 parties de communiquer sur la même base.

Une solution qui pourrait convenir serait la mise en place d'un livre de bord, attribué à chaque équipe. Il sera entreposé à deux endroits :

- dans la camionnette durant la journée ;
- posé dans un rack défini au retour de l'équipe.

Ainsi, le responsable méthodes pourra le consulter et relever les problèmes rencontrés ainsi que le matériel demandé, etc. Il pourra délivrer l'objet des demandes (informations, plans, matériel) de l'équipe qui pourra le récupérer le lendemain en partant, avec le livre de bord. Celui-ci équivaut à un carnet de liaison et donc de communication entre le bureau et l'équipe de pose.

3.3. Vers l'amélioration continue

Contrairement aux idées reçues, l'amélioration continue n'est pas destinée à être mise en place après les deux points précédents, mais à réaliser en parallèle. Il s'agit ici de traiter les défauts mineurs, classés niveau 1 selon l'objectif qualité. L'arrêt du chantier n'est pas nécessaire, mais ce sont ces petites actions qui feront gagner toujours plus en satisfaction client. Le but est donc d'entrer dans une démarche de ce type : il y a toujours des pistes de progression à envisager.

3.3.1. Management et communication avec l'équipe de pose du pilote

Comme nous l'avons vu précédemment, les tableaux de bord sont utiles pour donner un aperçu de l'avancement des objectifs. Les acteurs étant les principaux concernés, il faut que les tableaux d'avancement leur soient accessibles et visibles. Dans notre cas, les acteurs sont les ouvriers qui se déplacent sur le chantier. Ils sont amenés à transporter le tableau de bord. De plus, les poseurs ont besoin d'autres informations, tels que les plans et tous les documents nécessaires au déroulement du chantier.

Mise en place du Lean Construction sur un chantier

C'est pourquoi nous proposons que lors de leur passage à l'entreprise le matin, l'équipe en charge du chantier prenne une caisse (ou pochette, peu importe le contenant), dans laquelle se trouvent tous les papiers dont elle pourrait avoir besoin, incluant les tableaux de bord. A cela peut s'ajouter des rappels de sécurité si le chantier présente un risque important ou particulier.

Le tableau de bord doit permettre le suivi des flux, l'avancement du projet, des objectifs particuliers. Il est important de rappeler qu'il doit être lisible facilement et surtout pertinent par rapport à ceux qui le liront. Il pourra par exemple comprendre un graphique représentant le temps de panne par jour. Cela permet également de construire une courbe qui sera évolutive, remise à jour chaque jour en fonction des informations communiquées par les salariés. Il est nécessaire, au préalable, d'expliquer aux salariés que les relevés ne sont pas destinés à juger leur manière de travailler mais bien à donner des indications sur les évolutions du chantier.

Lorsque les salariés reviennent du chantier, ils déposent à nouveau la caisse prise le matin, ce qui permet aux personnes du bureau de s'occuper de mettre à jour les données, notamment celles du ou des tableaux de bord.

Cette organisation permet ainsi une continuelle mise à jour et observation des évolutions. Le but étant toujours de viser à améliorer le fonctionnement et donc de diminuer les pertes de temps.

En plus de cette caisse, un point doit être fait chaque matin. N'excédant pas 5 minutes, il permet de soulever d'éventuels problèmes, incertitudes ou mécompréhensions. Un second briefing est réalisé le soir, au retour du chantier afin de rendre compte de ce qui a été fait et de mettre en lumière les difficultés du jour.

3.3.2. Assurer la conformité aux exigences client

En même temps que l'application de tous les autres outils, il ne faut pas hésiter à réaliser une Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité (AMDEC). En effet, cela permet de vérifier si le produit est conforme aux exigences du client. En classant ainsi les défaillances potentielles, il est possible de définir un seuil de criticité à partir duquel une action doit être mise en place, comme un contrôle.

Pour faire de la qualité, il n'est pas seulement question de déterminer en amont les problèmes mais aussi de pouvoir établir les moyens de voir (au sens physique) les défauts pour les signaler. Une fois les défauts signalés, il est beaucoup plus facile de les corriger et d'éliminer leur cause principale. Les salariés ne doivent pas attendre les remarques du client concernant la non-qualité, qui correspond à l'écart mesuré entre la qualité souhaitée et celle obtenue. Ils doivent mettre en place des points de contrôle qu'ils peuvent eux-mêmes effectuer.

Mise en place du Lean Construction sur un chantier

Il s'agit du même principe qu'en production où les produits sortant d'une machine sont contrôlés avant de passer à la suivante. A partir d'une check-list simple, par exemple, il est possible d'effectuer ces contrôles.

De plus, l'utilisation d'une matrice qualité (figure 20) peut être un avantage certain, étant principalement un outil de management visuel.

Poste Origine	Terrassement	Fondation	Pose des murs	Charpente	Couverture
Fournisseur interne				X	
Fournisseur externe					

Figure 20: matrice qualité illustrant une non-conformité au poste charpente ayant pour origine un fournisseur interne.

La matrice qualité doit représenter tous les postes du chantier, les fournisseurs et les clients, inscrits en lignes et en colonnes. En ligne ce sont les lieux où la non-conformité est constatée et en colonne ce sont les origines de celle-ci. Ainsi, une personne qui trouve une non-conformité vient placer une croix dans la colonne correspondant à son poste, et sur la ligne correspondant selon lui à l'origine du défaut. Ceci permet de remonter aux sources probables des problèmes. Cette matrice peut être placée dans la caisse que nous avons évoquée dans la sous-partie précédente.

Pour déterminer les causes principales, il est également possible de passer par l'utilisation de la méthode des 5 « Pourquoi », vue précédemment. Pour optimiser son utilisation, il faut faire participer les membres de l'équipe de pose, puisqu'ils sont les plus à même de répondre aux questions qui permettront de remonter jusqu'à la source du problème.

3.3.3. Cartographier les flux

La cartographie des flux ou VSM peut être envisagée. En effet, elle permet d'illustrer de manière visuelle quelles sont les informations et les matières qui circulent sur le chantier. Ainsi, nous pouvons mettre en lumière les gaspillages éventuels et y remédier.

D'un point de vue de l'application, il peut être demandé aux salariés allant sur le chantier pilote de remplir une carte au préalable dessinée sur papier. Le schéma des flux prendra ainsi forme au fur et à mesure du chantier. Pourtant, nous émettons des réserves quant à cette possibilité : cela pourrait être ressenti comme étant inutile et une perte de temps par les poseurs. Pour y remédier, il serait judicieux de favoriser le rapprochement entre le bureau des méthodes et les poseurs : la carte serait ainsi créée conjointement.

Il faut donc porter une attention particulière à la manière dont sont présentés les différents outils du Lean lors du choix du pilote. Cette cartographie est amenée à évoluer, il faut donc penser à la renouveler à l'issue de chaque action entreprise.

Mise en place du Lean Construction sur un chantier

Dans cette partie, nous avons exposé quelques outils et quelques méthodes de mise en place du Lean sur un chantier de construction. Ces suggestions ne sont pas à prendre telles quelles mais à modifier, à ajuster en fonction du chantier, du contexte social et de l'entreprise elle-même.

De plus, les objectifs diffèrent en fonction des entreprises et de leur façon de fonctionner. Un management de conduite de changement est également à réaliser ; mettre en place la philosophie dans les meilleures conditions possibles donne matière à réfléchir pour faire évoluer les habitudes et les mentalités dans le respect des personnes. Le maître mot est donc l'adaptation.

CONCLUSION

CONCLUSION

Cette étude nous a permis de montrer que l'application de la philosophie Lean peut également s'appliquer au domaine de la construction. La restreindre à une utilisation dans le secteur industriel revient à se priver d'une source non négligeable de progrès potentiel.

La caractéristique principale de la philosophie Lean Manufacturing est son adaptabilité, rendue possible par les nombreuses possibilités offertes par la « boîte à outils ». La simplicité de ces outils permet leur utilisation à tous les niveaux d'une organisation, facilitant l'implication et la participation de tous les acteurs. Cela permet de donner une cohésion à l'ensemble de l'entreprise. Les salariés sont à nouveau motivés : cette démarche participative donne un sens positif à leur travail.

D'un point de vue entreprise, le Lean est un facteur d'amélioration de l'efficacité et de l'efficacé. Le secteur du bâtiment a encore beaucoup à apprendre pour réduire ses gaspillages. L'utilisation des outils de cette philosophie lui permettra d'améliorer sa réputation et de se démarquer de la concurrence. La prise en compte des attentes du client est un des points clés de la réussite, comme en prouve la diffusion de plus en plus large de la norme ISO 9001.

D'autres outils voient le jour pour compléter la palette, comme la maquette BIM. La mutualisation des ressources sur un chantier est de plus en plus présente. C'est pourquoi la notion d'économie fonctionnelle commence à émerger.

Nous venons de voir que la philosophie peut prétendre à une place importante dans tous les secteurs. Dans ce cas, quels obstacles restent encore à franchir pour que la chasse aux gaspillages entre dans les mœurs ?

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

- Abdulmalek, F., & Rajgopal, J. (2006). Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study.
- AFNOR. (2000, Juin). FD X 50-171. *Système de management de la qualité : Indicateurs et tableaux de bord*.
- AFNOR. (2014, 01 15). Récupéré sur AFNOR Formation: <http://www.boutique-formation.afnor.org/2014/performance-operationnelle/lean-six-sigma/concepts-fondamentaux/c0547>
- ARLEROTH, J., & KRISTENSSON, H. (2011). Waste in Lean Construction. *A case study of a PEAB construction site and the development*. CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY.
- Aubert-Lotarski, A. (2007). Outils de diagnostic structurants. *Outil 1 : le diagramme d'Ishikawa*. Ecole Supérieure de l'Education Nationale.
- BACHELET, R. (2011, Mars 14). Les outils des méthodes de résolution de problèmes. *Le diagramme cause-effet*. Ecole Centrale de Lille.
- Bédry, P. (2012). *Les basiques du Lean Manufacturing* (éd. 2è). Eyrolles.
- Belts Roles Responsibilities and Functions*. (2013, 01 15). Récupéré sur U.S. Army Europe: http://www.eur.army.mil/Iss/Forms/LSS%20Belts_Roles_Responsibilities_and_Functions.pdf
- BOSCH-MAUCHAND, M., & EYNARD, B. (2011, 01 10). Système d'information et méthode de production. TECHNIQUES DE L'INGENIEUR.
- Clivillé, V. (2004, Septembre 9). Approche systémique et méthode multicritère pour la définition d'un système d'indicateurs de performance.
- CNAMTS, C. n. (2014, 01 23). *Statistiques sur les maladies professionnelles*. Récupéré sur <http://www.risquesprofessionnels.ameli.fr/>:
<http://www.risquesprofessionnels.ameli.fr/statistiques-et-analyse/sinistralite-atmp/dossier/nos-statistiques-sur-les-maladies-professionnelles-par-ctn.html>
- Gadde, L.-E., & Dubois, A. (2002). The construction industry as a loosely coupled system: implications for productivity and innovation. *Construction Management and Economics*, pp. 621-631.
- gestsysinfo. (2014, 01 23). *Les 5 pourquoi*. Récupéré sur gestsysinfo - Outils et méthodes pour la gestion des projets système d'information: <http://gestsysinfo.wordpress.com/2012/04/16/les-5-pourquoi/>
- Gustavsson, J., & Marzec, C. (2007, 05 23). Value Stream Mapping - A case Study of construction supply chain of prefabricated massive timber floor element. Växjö, Suède.
- HARDOUIN, P. (2014, 01 23). *Construire des diagrammes de Pareto*. Récupéré sur http://www.biotechno.fr/IMG/scenari/programme/co/Diag_pareto_defin.html
- INTERGRAPH. (2012). Lean Construction. *Technology Advances in Lean Construction*.
- Koskela, L. (1992, September). Application of the new production philosophy to construction. Stanford University.
- LE COZ, E. (2001, 07 10). Méthodes et outils de la qualité - outils classiques. TECHNIQUES DE L'INGENIEUR.
- Lean Manufacturing - Lean Management*. (2013, 01 15). Récupéré sur Production Temps Réel Lyon: <http://www.production-temps-reel.com/lean-manufacturing#.UtazYvTuLIU>
- LUXINNOVATION. (2008). Diagramme d'Ishikawa = diagramme cause-effet.

BIBLIOGRAPHIE

MERLE, A. (2012, Décembre). Analyse de l'implantation d'outils de l'éan construction au chantier AP60 phase 1. Université de Montréal.

Rother, M., & Shook, J. (1999, Juin). Learning to see. *Value Stream Mapping to create value and eliminate Muda*.

Shah, R., & Ward, P. (2007). *Defining and developing measures of lean production*.

ANNEXES

ANNEXES

Annexe 1 : Dispositifs d'animation	- 46 -
Annexe 2 : Compte-rendu d'interview Expertis Alsace	- 49 -
Annexe 3 : Fonctions d'un système d'informations de type ERP	- 51 -
Annexe 4 : Détermination du taux de rendement synthétique	- 52 -
Annexe 5 : Nombre d'établissements du BTP au 01/01/2012	- 53 -

ANNEXES

Annexe 1 : Dispositifs d'animation

- Synthèse hebdomadaire

Position	C'est quoi ?	Ordre du jour
Lieu : devant le pan hebdomadaire du panneau central. Debout. Quand : une fois par semaine.	15 minutes pour : Partager les résultats de la semaine écoulée ; Faire comprendre les décisions prises ; Savoir où va l'équipe, ce qu'on lui demande et pourquoi ; Permettre aux équipiers de s'exprimer.	2 minutes : présenter les résultats de la semaine précédente. 3 minutes : synthèse des événements de la semaine et faits marquants pour la semaine en cours. 4 minutes : parler des objectifs de production pour la semaine en cours/à venir. 5 minutes : questions/réponses.
Animateur	Participants	Modalités
Le manager de proximité.	Toute son équipe.	Même heure, même durée. Le même jour de la semaine.

- Point du matin

Position	C'est quoi ?	Ordre du jour
.Lieu : devant le pan quotidien du panneau central. Debout. Quand : tous les matins	5 minutes pour : Partager les résultats de la veille ; Distribuer le travail ; Aborder les objectifs du jour ; Faire remonter les problèmes ; Communiquer les informations générales ; Développer l'esprit d'équipe	1 minute : faire le point sur les performances de la veille. 2 minutes : synthèse des faits marquants et passage de consignes. 2 minutes : mise à jour du plan d'actions manuscrit affiché.
Animateur	Participants	Modalités
Responsable du secteur.	Tous les opérateurs du secteur + supports éventuels.	Même heure, même lieu, même durée. Tous les jours.

ANNEXES

- Prise de poste :

Position	C'est quoi ?	Ordre du jour
.Lieu : au poste de travail. Devant le panneau flash. Quand : au début de l'équipe.	5 minutes pour : Partager les performances de la veille ; Fixer les objectifs locaux et contextuels ; Faire le point d'avancement sur le travail et s'organiser en conséquence.	30 secondes : accueil des absents à. 30 secondes : commenter les résultats de la veille. 1 minute : restitution des résultats de la veille. 1 minute : écouter les consignes passées entre opérateurs. 2 minutes : passer les consignes. Assurez-vous que vos consignes sont comprises et acceptées.
Animateur	Participants	Modalités
Le manager de proximité ou le coordinateur.	Equipiers.	Même heure, même endroit, toujours, sauf en cas d'incendie.

- Passage de consigne entre opérateurs :

Position	C'est quoi ?	Ordre du jour
Lieu : devant le panneau de passage de consignes opérateurs. Proche du panneau flash ou du pan quotidien du panneau central. Quand : à chaque changement d'équipe..	5 minutes pour : Transmettre des informations entre équipiers sous forme visuelle.	2 minutes : les faits marquants.
Animateur	Participants	Modalités
L'équipier sortant.	L'équipier sortant et entrant.	A chaque début et fin de poste.

- Passage de consignes entre managers :

Position	C'est quoi ?	Ordre du jour
Lieu : devant le panneau de passage de consignes manager proche du pan hebdomadaire du panneau central. Quand : à chaque changement d'équipe.	5 minutes pour : Transmettre des informations entre managers mais aussi à l'attention des fonctions support.	1 minute : point sur la marche, l'avancement de la production. 2 minutes : faits marquants (sécurité, qualité, coût, délais, gestion du personnel, maintenance, etc.). 2 minutes : point sur les actions en cours.
Animateur	Participants	Modalités
Manager sortant de proximité	Manager sortant de proximité et celui entrant et fonctions support présentes.	A chaque début d'équipe.

ANNEXES

- Rapport quotidien

Position	C'est quoi ?	Ordre du jour
<p>Lieu : devant le pan quotidien du panneau central atelier.</p> <p>Quand : tous les jours, à l'arrivée des gens en journée normale.</p>	<p>30 minutes pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Assurer une tension dans le suivi des performances de la veille et formaliser les plans d'actions court terme pour la période à venir ; - S'assurer avec le hiérarchique de la bonne marche des actions engagées suite aux événements qualité et autres aléas de la veille ; <p>Préparer le passage de consigne et mettre à jour l'information pour les opérateurs ;</p> <p>Promouvoir l'autonomie des équipes.</p>	<p>10 minutes : commentaires des performances de la veille.</p> <p>5 minutes : point sur le programme de fabrication.</p> <p>10 minutes : valider et structurer les actions à mener.</p> <p>5 minutes : mise à jour du plan d'actions manuscrit affiché.</p>
Animateur	Participants	Modalités
Responsable d'atelier	Managers de proximité. Fonctions support.	Même lieu, même heure, même durée, sauf en cas d'incendie.

- Revue de progrès :

Position	C'est quoi ?	Ordre du jour
<p>Lieu : devant le panneau d'affichage central ou les panneaux dédiés à des projets spécifiques : 5S, TPM ou SWIP.</p> <p>Quand : une fois par semaine ou quinzaine.</p>	<p>30 minutes à une heure pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> Faire un point d'avancement des actions en cours ; Lever les difficultés ; Décider des priorités ; Clarifier le qui fait quoi quand. 	<p>5 minutes : accueil.</p> <p>15 minutes : reprendre les actions au plan d'actions précédent, s'assurer qu'elles sont terminées ; sinon, les planifier à nouveau ou convenir qu'elles ne sont pas pertinentes.</p> <p>15 minutes : prendre connaissance des nouvelles performances et des nouvelles idées. Décider d'écarter ou d'approfondir.</p> <p>10 minutes : formaliser le nouveau plan d'actions en prenant soin de ne pas engager trop d'actions en même temps (règle de 3 : pas plus de 3 actions en même temps).</p>
Animateur	Participants	Modalités
Manager du secteur (ou pilote de projet)	Responsable du secteur et supports concernés. En cas de revue de progrès associé à un projet : le pilote et les membres support dans l'équipe projet.	Une par secteur de production. Même jour, même durée. Les problèmes sont abordés mais traités en dehors de la revue. Arrêter la réunion au bout d'une heure, quoi qu'il arrive.

ANNEXES

Annexe 2 : Compte-rendu d'interview Expertis Alsace (Groupement Expertis CFE)

La conversation n'a pas été enregistrée ; l'entretien est retranscrit ici le plus fidèlement possible à partir des notes prises.

Le groupe Expertis CFE, né d'une fusion de deux cabinets d'expertise comptable, est une société de 200 personnes réparties en 8 sites distincts. Il est spécialisé dans les questions d'expertise pour les entreprises.

R : Depuis le 01/02/2012 a été créé le Groupe de Travail (GT) Lean au sein du groupement Expertis CFE. L'objectif annoncé était d'améliorer le process de service client en partant du premier contact en suivant toutes les étapes de traitement de sa demande. Pour cela, nous avons assisté à des réunions bimensuelles pour échanger nos expériences sur le process que nous mettions en œuvre.

Chaque site était représenté par 1 à 2 personnes ; pour ma part je représente le site de Colmar (Expertis Alsace).

Au cours de ces réunions du groupe de travail, nous avons à décomposer notre procédé de traitement, d'abord de manière plutôt grossière puis de manière de plus en plus fine, en nous concentrant sur chaque étape. Chaque groupe était ensuite chargé de décomposer en phases élémentaires chaque étape du process.

Il y a eu quelques difficultés à ce moment-là, chaque site ayant sa propre approche des choses. Nous sommes plutôt mauvais élèves de ce point de vue là car notre processus n'était pas standardisé et est source de pertes de temps et d'informations. Par conséquent, il y a eu quelques différences d'opinion sur les processus à utiliser et les étapes à suivre, chacun voulant faire à sa façon.

Q : Quels outils avez-vous mis en œuvre pour décrire votre processus ? Avez-vous cherché à connaître vos étapes sans valeur ajoutée ?

R : En fait, au départ, on avait des problèmes au niveau de la collecte d'informations : n'ayant pas une démarche standardisée, il nous arrivait de recontacter un client à plusieurs reprises pour lui demander des informations nous manquant.

Pour la description du processus, il s'agissait plus d'informations qualitatives : par exemple, si le client ramène des factures non triées, presque chiffonnées, ou l'ordre dans lequel nous nous occupons du client : accueil, formation du client au tri des factures quand il nous les amène, etc.

Après cela, on a essayé, lors d'une ébauche de standardisation du processus, de donner des règles et une ligne de conduite que tous sont sensés appliquer, et cela, avec des temps indiqués. Par exemple : on accueille le client, on lui explique la classification, et au deuxième entretien, on vérifie avec lui que le classement est bien fait. Dans le cas contraire, on lui réexplique pour le remettre dans le bon chemin.

ANNEXES

Q : Avez-vous appliqué cette démarche au sein d'Expertis Alsace ?

R : En fait, je l'ai appliquée à mes clients. J'ai créé une check-list, qui me permet de vérifier tout de suite que je dispose bien de toutes les informations utiles, pour les compléter le cas échéant avec le client tant qu'il est en face de moi. Cela me permet d'éviter de perdre du temps à courir derrière les informations. En revanche, les procédures ne sont toujours pas standardisées chez nous et je suis la seule à utiliser cette philosophie.

Q : Pour en revenir aux outils, en avez-vous utilisé ? Par exemple, le VSM (Value Stream Mapping, ou Cartographie des flux de valeurs) ?

R : Je n'ai mis en œuvre aucun outil de ce type.

Q : Etiez-vous au courant de tels outils ? Vous en a-t-on parlé ?

R : Non, même pas. Lors des réunions du groupe de travail, nous n'avons que parlé du process, et non des outils du Lean (de diagnostic ou palliatif). Du coup, on navigue un peu à vue...

Q : Lors du déploiement de cette démarche, y a-t-il eu un pilote ?

R : Non plus. L'idée était de déployer la démarche à tout le groupement, en même temps.

Q : Avez-vous des retours sur l'efficacité de la démarche ? Sur son utilité ?

R : L'idée, ou l'objectif, de cette démarche est très intéressante. Réduire les gaspillages et améliorer notre procédé est vital pour le groupement. Toutefois, il n'y a pas de communication sur les résultats.

Q : Le groupe de travail a-t-il créé un tableau de bord ? Mis en place des indicateurs de performance pour voir les effets de l'implantation ?

R : Non, rien de tout cela. Et le plus grave, c'est qu'il y a un total désintéressement de la part de l'encadrement, qui continue à faire comme elle a toujours fait. Le processus est toujours aussi chaotique.

Concernant les indicateurs ou le tableau de bord, rien n'a été créé et on ne nous en a même pas parlé.

Q : Donc que ce soit au niveau de votre site ou du groupement, aucune idée de l'efficacité de la méthode ?

R : Je pense que la démarche a porté ses fruits. A mon avis, on a accéléré notre traitement de 200%... Sans pour autant pouvoir en jurer.

ANNEXES

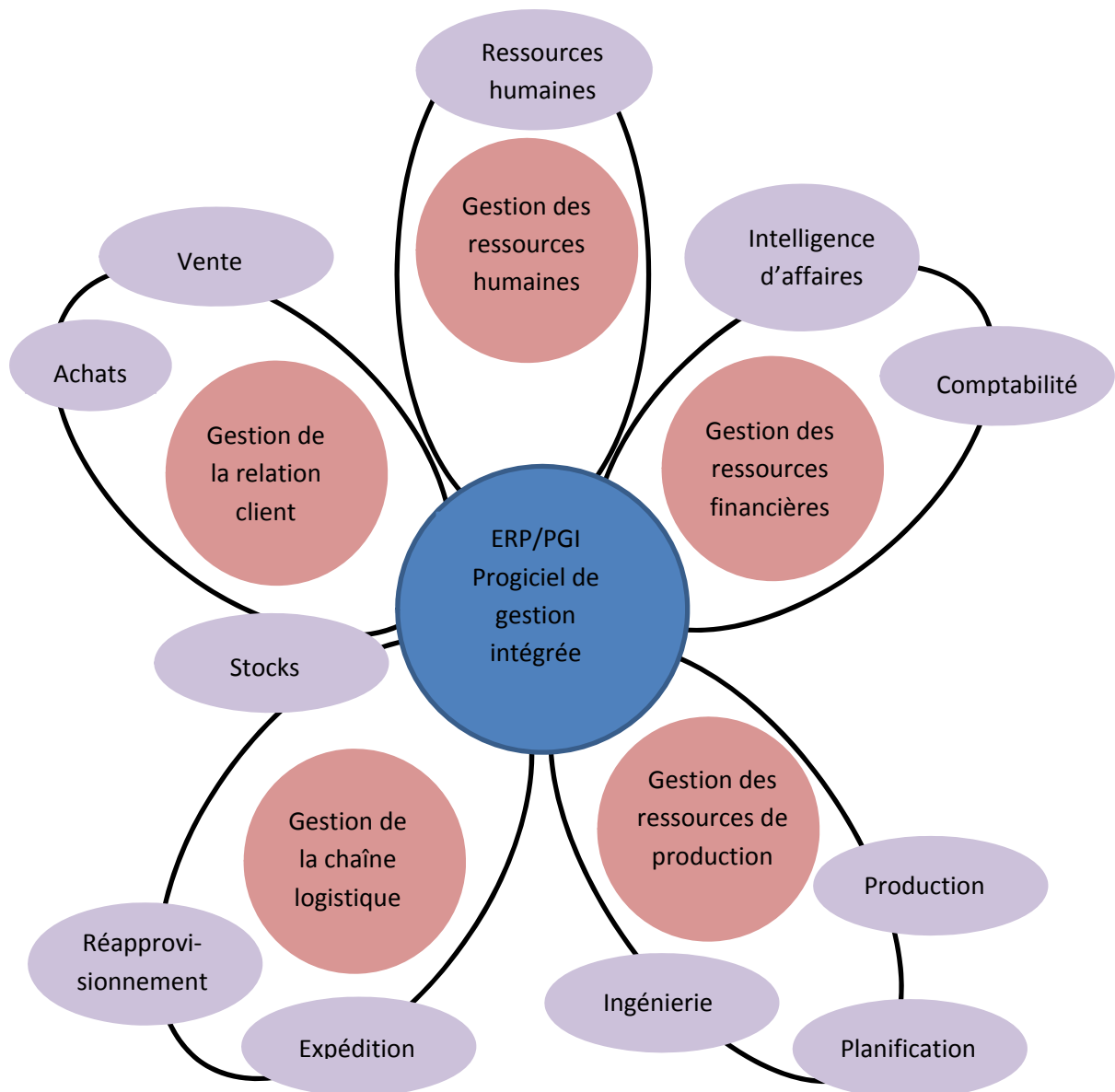
Q : La philosophie Lean colle effectivement bien à votre problématique. Mais pourquoi celle-ci et pas une autre ?

R : Je ne peux pas vous donner de réponse, n'étant pas à l'origine de ce projet.

Q : Avez-vous fait appel à une société spécialisée pour l'implantation ?

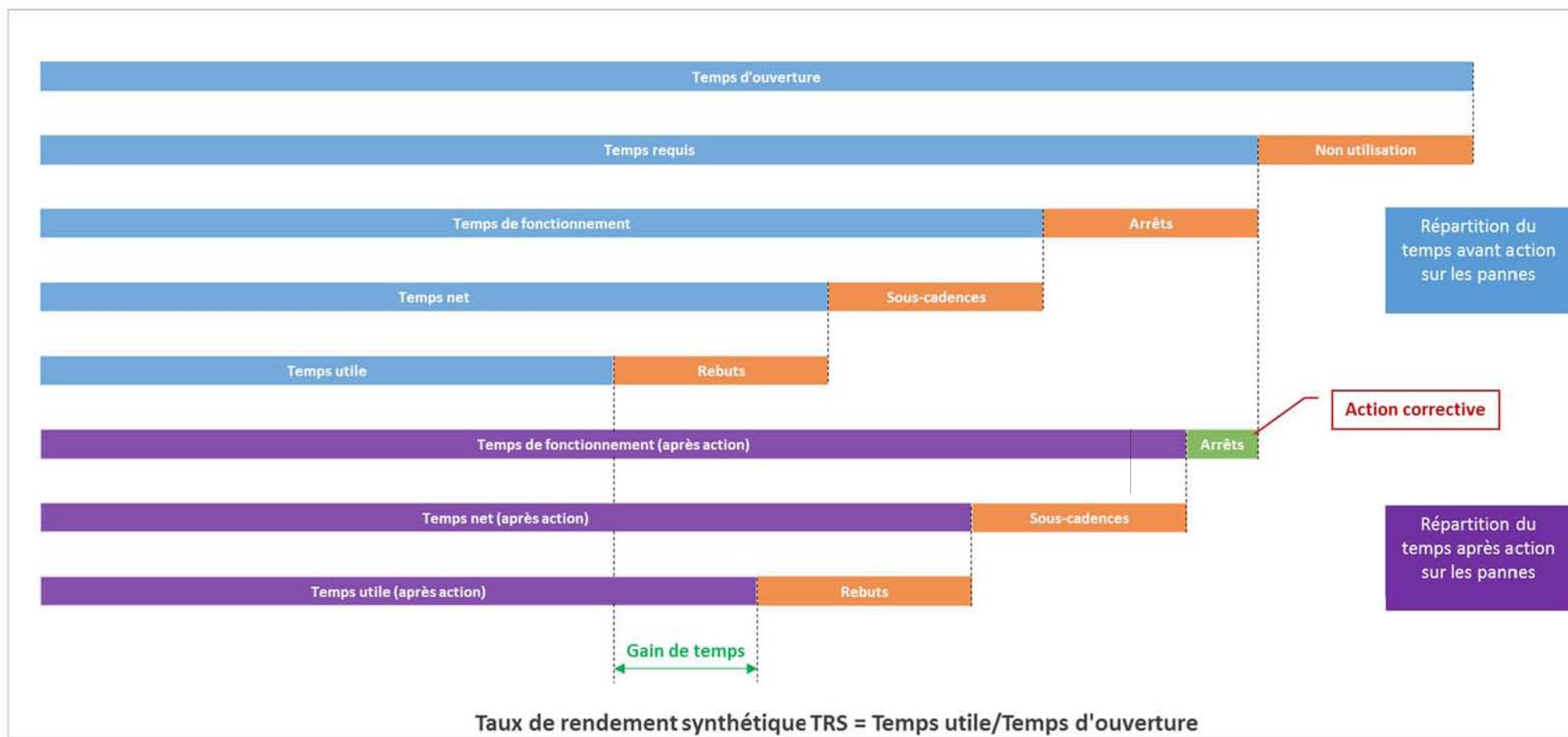
R : Pas du tout, la démarche a été mise en place et l'animation réalisée par deux personnes, en partant de l'idée des dirigeants.

Annexe 3 : Fonctions d'un système d'informations de type ERP



ANNEXES

Annexe 4 : Détermination du taux de rendement synthétique



ANNEXES

Annexe 5 : Nombre d'établissements du BTP au 01/01/2012 classés par nombre de salariés

Taille	Nombre	Nombre cumulé	Pourcentage	Pourcentage cumulé
0 salarié	297 267	297 267	59,8%	59,8%
1 à 2 salariés	87 921	385 188	17,7%	77,5%
3 à 5 salariés	52 676	437 864	10,6%	88,1%
6 à 9 salariés	26 550	464 414	5,3%	93,4%
10 à 19 salariés	18 946	483 360	3,8%	97,2%
20 à 49 salariés	10 336	493 696	2,1%	99,3%
50 à 99 salariés	2 349	496 045	0,45%	99,75%
100 à 199 salariés	875	496 920	0,19%	99,94%
200 à 249 salariés	98	497 018	0,02%	99,96%
250 à 499 salariés	138	497 156	0,03%	99,99%
500 et plus	37	497 193	0,01%	100%

RESUME

RESUME

Application du Lean Manufacturing à un chantier de construction

La philosophie Lean est un concept utilisé principalement dans le secteur industriel. Basée sur la recherche et la diminution des gaspillages ainsi que sur la prise en compte de la valeur ajoutée du point de vue client, elle permet aux entreprises via l'implication de tout le personnel de réduire les pertes (produits non conformes, mauvaise utilisation des ressources, etc.) et d'améliorer leur organisation.

Si la démarche est partie du secteur manufacturier, les enjeux sont les mêmes dans le secteur de la construction. L'application de la philosophie Lean, via la recherche et la mise en place d'outils adaptés à ce secteur, est un tournant que certaines entreprises du bâtiment vont prendre. Afin de contrôler leur démarche d'amélioration continue, ils se servent de tableaux de bords recensant des indicateurs clés de performance, étudiés et adaptés à leur secteur.

Les enjeux économiques et commerciaux du Lean Construction représentent la possibilité pour les entreprises de se différencier de leurs concurrents, en donnant aux consommateurs une image de marque, respectueuse de l'environnement, des salariés et de leurs souhaits.

Afin d'initier la démarche d'application du Lean au secteur de la construction, nous développons ici un état de l'art sur ce qui est actuellement pratiqué et surtout, nous soumettons des pistes de réflexion ainsi que des solutions qui n'ont pas pour but d'être exhaustives.

Mots-clés : *Lean Construction, gaspillage, outils, indicateurs de performance.*

ABSTRACT

Adapting Lean Manufacturing to a building site

The Lean philosophy is a concept mainly used in the industrial sector. Based on researching and reducing waste as well as taking into account the value added from the customer's point of view, it allows the enterprise to reduce their losses (improper products, bad use of resources, etc.) via the implication of all the staff and to improve their organization.

The approach was first implemented in the manufacturing sector, but the issues are the same in the construction branch. The application of the Lean philosophy, via the search and implementation of sector adapted tools, is a huge turn some enterprise will take. In order to monitor their continuous amelioration, they use scoreboards based on key performance indicators, designed to suit their needs.

The economic and commercial issues of Lean Construction represent a possibility for the firms to differentiate themselves from the competition, and show their customers brand image, environmentally friendly, respecting the employees and their needs.

In order to initiate the Lean's application approach to the construction sector, we develop here a state of art on what is currently used and we submit some avenues of reflection as well as non-exhaustive solutions.

Keywords: *Lean Construction, waste, tools, key performance indicators*