

CIGI 2011

Lean Product Development : analyse et confrontation aux méthodes de conception

ROBERTA COSTA AFFONSO, VINCENT CHEUTET

LISMMA - SUPMECA

3 rue Fernand Hainaut, 93400 Saint-Ouen, France
{roberta.costa, vincent.cheutet}@supmeca.fr

Résumé – Dans un contexte économique exigeant et concurrentiel, les entreprises doivent être capables de susciter l'intérêt des clients en leur proposant des nouveaux produits. Cette démarche doit être suivie d'une performance élevée en termes de gestion de production, or la plupart des défauts apparaissant lors de la production seraient liés à la conception. Dans ce contexte, le Lean Product Development (LPD) commence à émerger comme une approche pour un processus de conception plus performant. Cet article propose une analyse sur les fondements du Lean Product Development, afin d'identifier les points sensibles. Par ailleurs, l'article analyse également les méthodes et outils de conception. Le but est de faire ressortir des points qui méritent d'être considérés dans le cadre de l'approche Lean Product Development.

Abstract - In a challenging and competitive economic environment, companies must be able to attract the interest of customers by offering new products. This action must be followed by a good performance in terms of production management. However, most of the defects detected during production phase would be related to the design phase. In this context, Lean Product Development is emerging as an approach improving the efficiency of design process. This article presents an analysis of the Lean Product Development's foundations, in order to identifying hotspots. Furthermore, the article analyzes design methods and tools. The aim is to highlight the points that should be considered in Lean Product Development approach.

Mots clés – Lean Product Development, méthodologies de conception.

Keywords - Lean Product Development, design methodologies.

1 INTRODUCTION

Depuis les années 70 les entreprises sont confrontées à un environnement d'instabilité et de concurrence croissante. Cette instabilité se traduit par des exigences clients de plus en plus importantes : faible quantité, grande variété, personnalisation accrue des produits, qualité toujours plus élevée, délais et durée de vie des produits de plus en plus courts, etc.

Ainsi, il est devenu primordial pour les entreprises de maîtriser de mieux en mieux leur production et donc les flux (matière et d'information). Aussi, elles doivent être capables de continuer à susciter l'intérêt du client, proposant (avant ses concurrents) des nouveaux produits qui créent le besoin.

Dans ce contexte, les principes du Lean ont été appliqués aux processus de production afin de réduire les délais de production et les gaspillages, et par conséquent de devenir plus compétitif.

Cependant, si cette approche a été largement appliquée au domaine de la production (Lean Manufacturing), elle commence seulement à émerger comme un moyen d'avoir un processus de conception plus performant.

En effet, l'approche Lean est habituellement perçue comme importante pour les "opérations" d'approvisionnement des matières, de production, de livraison de produits aux clients. Toutefois, des auteurs comme [Womack et Jones, 1996] mettent en évidence que le "*Lean Thinking*" peut être appliqué avec succès à d'autres domaines en dehors de ceux liés au manufacturing. Des activités basées sur la connaissance comme la conception, l'introduction de nouveaux produits, le développement des produits sont des domaines dont

l'application de l'approche Lean peut apporter des bénéfices considérables.

Néanmoins, les principes du Lean, d'abord définis pour le domaine de la production, ne peuvent pas être tout simplement transposés au Processus de Développement des Produits (PDP), sans une adaptation aux spécificités de cette activité. L'objectif de cet article est dans un premier temps de montrer comment la démarche Lean est en train d'être adaptée aux activités liées au développement de produits ; puis de confronter cette démarche aux méthodes et méthodologies de conception existantes.

Pour cela, dans la deuxième partie de cet article, nous présenterons brièvement le Lean Manufacturing afin de situer notre étude. Dans la troisième partie, un état de l'art sur les travaux relatifs aux Lean Product Development (LPD) sera présenté, ainsi qu'une analyse sur l'adaptation de la démarche Lean à cette activité. Dans la quatrième partie, le LPD sera confronté aux méthodes et méthodologies de conception. Le but est de faire ressortir des spécificités de cette activité, qui ne sont pas encore prises en compte dans cette démarche, ainsi que des pratiques qui méritent d'être considérées dans le cadre du Lean. Enfin, dans la cinquième partie nous exposerons les perspectives et les conclusions de cette étude.

2 LEAN MANUFACTURING

Le Lean Manufacturing est une démarche basée sur deux piliers principaux : les activités créatrices de valeur et l'élimination des gaspillages. L'entreprise doit se concentrer sur les activités qui apportent de la valeur pour le client, en éliminant au maximum les activités qui n'apportent pas de

valeur, et donc qui représentent un gaspillage [Ohno, 1988]. Une production Lean, sans gaspillage, c'est une production qui utilise ce qu'il faut, le juste nécessaire et cela au juste prix. L'élimination de stocks inutiles et des activités qui n'apportent aucune valeur ajoutée au client, permet de réduire de manière significative les coûts engendrés, et donc de proposer un produit au meilleur prix.

Le Lean Manufacturing a aussi pour objectif de promouvoir l'amélioration continue. Cela consiste à se remettre sans cesse en question : « Puis-je faire mieux ? » « Comment améliorer le flux actuel pour être encore meilleur ? » afin d'être compétitif sur le long terme et de ne pas rester passif sur ses acquis.

La démarche Lean peut être décomposée en cinq principes fondamentaux [Cusumano, 1985 ; Fujimoto, 1999] :

- *définir la valeur, produit par produit* : définir la valeur « en termes de produits dotés de certaines caractéristiques et vendus à un certain prix, grâce à un dialogue avec des clients représentatifs ». D'une manière simplifiée la valeur est ce que le client achète.
- *identifier la chaîne de valeur correspondant à chaque produit et éliminer le gaspillage* : recenser chaque opération du processus de fabrication et de prise de commandes. La cartographie de la chaîne de valeur va permettre d'analyser le flux et d'identifier quelles sont les activités qui ajoutent de la valeur au produit, et celles qui représentent un gaspillage. A partir de cette analyse, le plus grand nombre d'étapes qui ne créent pas de valeur doit être éliminé.
- *établir des flux de valeur* : définir le flux idéal et par la suite, le plan d'action pour atteindre ce flux ou s'en approcher le maximum.
- *laisser le client tirer la valeur* : personne en amont de la chaîne ne doit produire un produit ou un service tant que le client final n'en a pas exprimé la demande.
- *viser la perfection* : la démarche Lean Manufacturing doit être mise en œuvre par étapes. De plus, l'élimination complète du gaspillage étant utopique, la réduction des coûts, des efforts et des stocks n'a aucune limite.

3 LEAN PRODUCT DEVELOPMENT

Si depuis 1990, de nombreuses publications ont paru sur le Lean Manufacturing [Womack et al., 1990 ; Howell et Ballard, 1997 ; Holweg, 2006 ; Abdulmalek et Rajgopal, 2007 ; Mo, 2009], très peu l'ont fait sur le LPD. Le premier article sur ce sujet, publié par [Karlsson et Ahlstrom, 1996], a identifié les difficultés et les éléments favorables à la mise en œuvre du LPD. Depuis cette recherche, [Baines et al., 2006] ont identifié 24 articles pertinents sur le sujet du LPD de 1999 à 2005.

Ce manque de travaux dans le domaine contraste avec la constatation de [Schonberger, 1982] qui chiffre à 85% le pourcentage de défauts apparaissant lors de la fabrication et qui seraient liés à la conception du produit. De plus, en termes de coûts, le nombre de leviers d'action disponibles en production est moindre comparé à celui de leviers sur lesquels on pourrait agir en conception. Ainsi, « penser l'entreprise plus juste » [Womack et Jones, 2009] passe forcément par le développement de l'approche Lean dans l'activité de Développement de Produits.

Les travaux existant dans ce domaine montrent que la prise en compte de la démarche LPD s'appuie sur deux approches différentes : les pratiques de gestion de projet et l'adaptation

des cinq principes du Lean Manufacturing. Peu d'auteurs considèrent ces deux approches simultanément dans le LPD, la deuxième approche étant la plus couramment considérée dans cette démarche.

3.1 Le LPD par la gestion de projet

Les pratiques de gestion de projet peuvent beaucoup apporter aux démarches du LPD, car la première caractéristique de l'activité de conception est d'être un projet.

[Karlsson et Ahlstrom, 1996] associent les pratiques suivantes au LPD :

- *L'implication du fournisseur dès la phase de conception* afin d'apporter des nouvelles idées concernant l'innovation du produit et pour participer des processus de décisions. Par ailleurs, le fournisseur peut apporter des informations précises et avoir une meilleure connaissance des fonctions désirées des produits [Mikulina, 1998],
- *L'ingénierie parallèle ou concourante*, qui préconise que les différentes fonctions et départements impliqués dans le processus de développement doivent effectuer leur travail en parallèle,
- *Des équipes inter-fonctionnelles et intégrées* constituées de membres issus de différents départements et remplissant des fonctions différentes les uns des autres. Le but est de pouvoir associer toutes les visions possibles des aspects d'un produit dès l'initiation du projet. Par ailleurs, ces équipes doivent travailler ensemble de façon à promouvoir l'échange direct d'informations et la communication entre les différents acteurs,
- *La désignation d'un chef de projet* qui a accès à toutes les données et tous les travaux de l'équipe, et qui sera responsable du déroulement du projet [Baines et al., 2006].

Ces pratiques permettent une amélioration du flux d'informations entre les équipes qui participent du développement de produits, une meilleure coordination de ces équipes et donc une réduction du temps de réalisation de l'activité de conception et par conséquent une réduction des coûts. Ainsi, l'apport de ces pratiques s'inscrit dans le but de la démarche Lean.

3.2 Le LPD par l'adaptation des cinq principes du Lean Manufacturing

3.2.1 Définir la valeur

Si la valeur en production est bien définie et associée aux activités qui ajoutent au produit les fonctionnalités achetées par le client, la valeur peut avoir d'autres facettes en conception.

Pour [Womack et Jones, 1996], la valeur est « fournie au client selon les critères qu'il a défini et cela quand il le demande, à un prix convenable ». Il faut donc pouvoir développer un produit qui répond de manière satisfaisante aux besoins exprimés par le client, car proposer un concept qui n'intéresse pas le client n'a pas de valeur.

Cependant, un des rôles de l'activité de conception est aussi de pouvoir proposer des produits qui créent le besoin. Par exemple, aucun client n'avait exprimé le besoin d'un produit comme le Post-it, or c'est un succès de ventes. [Clocke, 2000] met en évidence que les nouvelles idées doivent être tirées des clients ou être génératrice du besoin.

[Donovan et al., 1998] donnent un caractère plus social à la valeur dans le développement de produits et suggèrent que « les processus de gestion dans cette activité doivent être

développés pour assurer une optimisation simultanée de la valeur estimée par les investisseurs, les clients et les employés ».

Par ailleurs, la valeur peut encore prendre une autre facette : celle associée à la connaissance. Par exemple, les maquettes développées et avérées non concluantes restent une activité qui génère la connaissance. A travers cette connaissance, les équipes peuvent éviter de produire des erreurs, et gagner ainsi du temps dans les futurs projets.

3.2.2 Identifier la chaîne de valeur correspondant à chaque produit et éliminer le gaspillage

Il s'agit de l'identification de toutes les tâches effectuées, depuis la définition du concept du nouveau produit jusqu'au lancement de la production. Cette cartographie doit considérer tous les acteurs qui interviennent dans le processus : le marketing, le bureau d'études mais aussi les achats, la logistique, la finance, etc.

Comme pour la production, par la suite les tâches à valeur ajoutée ou non doivent être identifiées, le but étant d'éliminer les gaspillages.

Cependant, dans le domaine de la conception, les tâches liées à la communication et au retour d'informations doivent être mieux traitées, car elles sont plus nombreuses et souvent pas très optimisées.

En effet, les principales différences de la cartographie de la chaîne de valeur pour les processus de développement de produits sont les suivantes : (i) les données sont uniquement virtuelles au lieu de flux de matières et d'informations, (ii) le délai est plus long, (iii) le travail est intellectuel, (iv) les flux d'informations sont complexes, et (v) les groupes de spécialistes sont nombreux et divers [Hall et al., 2009].

[Morgan, 2002] a développé une méthodologie détaillée afin d'adapter la cartographie de la chaîne de valeur pour « développer une meilleure compréhension du processus actuel de développement de produits, créer une cartographie idéale de la chaîne de valeur basée sur les principes du processus de développement de produits, et élaborer une stratégie de mise en œuvre basée sur les organisations de systèmes ».

L'auteur a aussi identifié onze gaspillages liés aux activités de développement de produits :

- le transfert de produits ou de processus d'un responsable de service à l'autre ;
- la collecte de données inutiles
- les attentes : de données, de réponses, de décisions, de révisions, de la disponibilité d'une ressource ;
- le temps et les efforts pour l'organisation du travail à faire (négociation de contrats, des réunions sur des devis, appels d'offres et sélection des fournisseurs...) ;
- les réinventions : de processus, de solutions, de méthodes et produits déjà existant;
- un système peu structuré : rôles et responsabilités mal compris, faible responsabilité, absence de planning et incompétence ;
- des fortes variations dans le processus ;
- un système sur-utilisé, ou trop accéléré ;
- une communication inefficace ;

- des tailles de lots importants (représentées par le nombre de projets en cours) ;
- la non-synchronisation de processus en cours.

3.2.3 Etablir des flux de valeur

Le but sera d'établir la cartographie idéale de la chaîne de valeur pour le processus de développement de produits. Cette cartographie sera définie en considérant la gestion de files d'attente, la réduction de la taille du lot, l'augmentation de la vitesse des retours [Reinertsen, 2003], la réduction des informations échangées (échanger seulement les informations pertinentes), la révision des boucles dans le processus.

3.2.4 Laisser le client tirer la valeur

L'application de ce principe à l'activité de développement de produits n'est pas aussi simple que pour la production. Cette difficulté est étroitement liée aux différentes facettes de la valeur en conception.

En effet, si le client considéré est le service Marketing, le flux peut être tiré par le client quand le développement du produit s'agit de répondre à un besoin exprimé par le client.

[Haque et Moore, 2004] expliquent, à travers des études de cas, comment mettre en œuvre un flux pièce-à-pièce et le *Takt time* en associant l'utilisation de tickets Kanban à chaque étape du processus de développement, qui passeraient du projet actuel au suivant selon une période de temps définie. Si le ticket n'était pas retiré dans le temps défini, le gestionnaire identifierait un problème comme l'arrêt du travail en amont.

Toutefois, lorsque ce développement est une proposition qui tente de créer un besoin, le client ne peut pas être considéré comme celui qui tire la valeur, elle est plutôt poussée par les concepteurs.

[McMannus et al., 2005] soulignent que le système est rarement tiré par une simple demande de la clientèle.

3.2.5 Viser la perfection

Le LPD ne permettra pas d'atteindre la chaîne idéale de valeur dès le début. Comme pour le domaine de la production les améliorations doivent être mises en place pas à pas. De plus, il faut continuellement chercher des leviers d'action pour être plus performants.

[Oppenheim, 2004] interprète ce dernier principe comme la « poursuite de la planification parfaite du flux du LPD ».

3.3 Bilan

A travers cette présentation du LPD, nous constatons que la démarche Lean peut effectivement être appliquée au domaine de la conception. Par contre, si des efforts ont déjà été faits pour adapter le Lean à cette activité, certains points nécessitent une étude plus approfondie.

Nous avons remarqué que la littérature n'a pas encore convergé sur une définition de la valeur bien représentative de l'activité de conception. D'autre part, nous pouvons poser des questions sur la pertinence du quatrième principe (laisser le client tirer la valeur) dans le cadre du LPD.

Un autre point à mettre en évidence, est l'éloignement entre les deux approches du LPD : le LPD par les pratiques de gestion de projet et par l'adaptation des cinq principes du Lean. Il nous semble important de pouvoir regrouper ces outils, de façon à bien homogénéiser ces propositions qui correspondent parfaitement à la philosophie sur laquelle se base le Lean.

Enfin, malgré l'avancement de la démarche LPD, nous constatons que les méthodes et outils classiques de conception de produits ne sont pas souvent analysés dans la construction de la démarche LPD. Le set-based design (présenté dans la partie suivante) semble être la seule méthode à être considérée [Baines et al., 2006], mais n'est pas couramment citée.

Dans la partie suivante, nous proposons une analyse non exhaustive sur ces outils et méthodes de conception, de façon à faire ressortir de concepts qui peuvent améliorer la démarche LPD.

4 ANALYSE DES OUTILS ET METHODOLOGIES DU PDP

Dans cette partie, nous allons dans un premier temps synthétiser les travaux portant sur la conception, pour dans un second temps analyser leurs caractéristiques avec le point de vue Lean.

4.1 Principales méthodologies de conception

[Tomiya et al., 2009] ont proposé une analyse relativement complète des Théories et Méthodologies de Conception (TMC) existantes, à la fois d'un point de vue applications industrielles et d'un point de vue apprentissage. Cette analyse regroupe les TMC les plus connues et les plus utilisées, telles que l'Axiomatic Design, le Design for X ou Pahl et Beitz (cf. figure 1).

Parmi toutes ces méthodologies, [Tomiya et al., 2009] discutent sur le **Concurrent Engineering** (CE), précédemment cité. Le CE est une approche qui vise à intégrer l'ensemble du cycle de vie du produit, pour réduire le temps de développement du produit et pour améliorer la qualité du produit. Pour atteindre ce but, le CE correspond à l'implication le plus tôt possible d'équipes multi-compétence dans des activités de conception de fabrication et de production planifiées en parallèle [Hartley, 1992].

Dans l'article de [Tomiya et al., 2009], il nous semble manquer au moins deux méthodes qui présentent de nos jours de plus en plus d'intérêt dans la communauté : le set-based concurrent engineering et l'ingénierie système.

Le **Set-based concurrent engineering** (SCBE) ou set-based design est une approche utilisée par Toyota pour mener son processus de conception. Le SCBE commence par prendre globalement en considération un ensemble de solutions possibles et au fur et à mesure restreindre le champ des possibles pour converger vers une solution finale [Sobek et al., 1999]. Le processus de SBCE permet le développement d'un ensemble de solutions a contrario d'approche de type point-based [Malak et al., 2009]. En plus de sa capacité de gérer un ensemble de solution, l'approche SBCE est robuste de part sa nature. Il permet aussi l'intégration simultanée de connaissances provenant de plusieurs interfaces et donc de prendre en compte différents facteurs, comme les variations de

fabrication, les limitations des processus, etc., plus tôt dans le cycle de vie du produit, ce qui permet de réduire les demandes de modifications.

L'ingénierie système, née de l'informatique, a pour objectif de contrôler la conception de systèmes dont la complexité ne permet pas le pilotage simple. Elle est fortement basée sur le modèle de cycle en V. D'après [AFIS, 2011], la démarche technique de l'ingénierie système faisant passer du besoin à la définition de la solution se traduit par un processus itératif :

- D'exploration du problème et de spécification de la solution conduisant à des visions prescriptives du système, puis de ses sous-systèmes et constituants, sous forme d'ensembles **d'exigences** auxquelles ils devront satisfaire,
- De conception conduisant à des modèles constructifs sous forme **d'architectures** : architecture fonctionnelle et architecture de constituants avec leurs exigences spécifiées de réalisation, d'intégration, de vérification et validation ainsi que de maintenance.

[Tomiya et al., 2009] arrivent aux conclusions suivantes, qui peuvent être conservées avec les deux méthodologies citées ci-dessus :

- Les TMC actuelles ne s'intéressent pas assez aux problématiques liées au caractère multidisciplinaire et complexe des nouveaux produits (la mécatronisation ou le point de vue service par exemple), sauf l'ingénierie système, à la virtualisation de l'ingénierie et à la globalisation du développement de produit,
- Les TMC actuelles ne s'intéressent pas assez aux aspects comportementaux et organisationnels du PDP,
- Les TMC actuelles ne prennent pas en compte le potentiel complet des technologies TIC.

Au niveau des outils support à ces méthodologies, ces dernières années ont vu l'émergence d'outils numériques de plus en plus complexes. Selon [Paviot, 2010], les logiciels utilisés en conception peuvent être regroupés en trois familles de produits (cf. figure 2) :

- **les outils d'autoring** : ils aident le concepteur à créer des données techniques en fonction de la tâche qui lui a été affectée. Ces données permettent de définir le produit virtuel ;
- **la gestion de données techniques** : permettent l'organisation, le partage et la conservation des données créées ;
- **le pilotage des activités de conception** : processus à courte échelle de temps (processus métiers, workflows), ou à moyen/long terme (gestion de projet).

	General	Individual
Abstract	Design theory (GDT, UDT)	Math-based methods (optimization, Axiomatic Design, Taguchi Method Computer programs
Concrete	Design methodology (Adaptable Design, Characteristics-Properties Modeling of Weber, Contact and Channel Model of Albers, Emergent Synthesis, Hansen, Hubka and Eder, Integrated Product Development of Andreasen, Koller, Muller, Pahl and Beitz, Roth, TRIZ, Ullman, Ulrich and Eppinger) Methodology to achieve concrete goals (Axiomatic Design, Design for X, Design Decision-Making Methods, DSM, FMEA, QFD, Total Design of Pugh) Process methodologies (Concurrent Engineering, DSM)	Design methods

Figure 1. Classification des TMC (d'après (Tomiya et al., 2009))

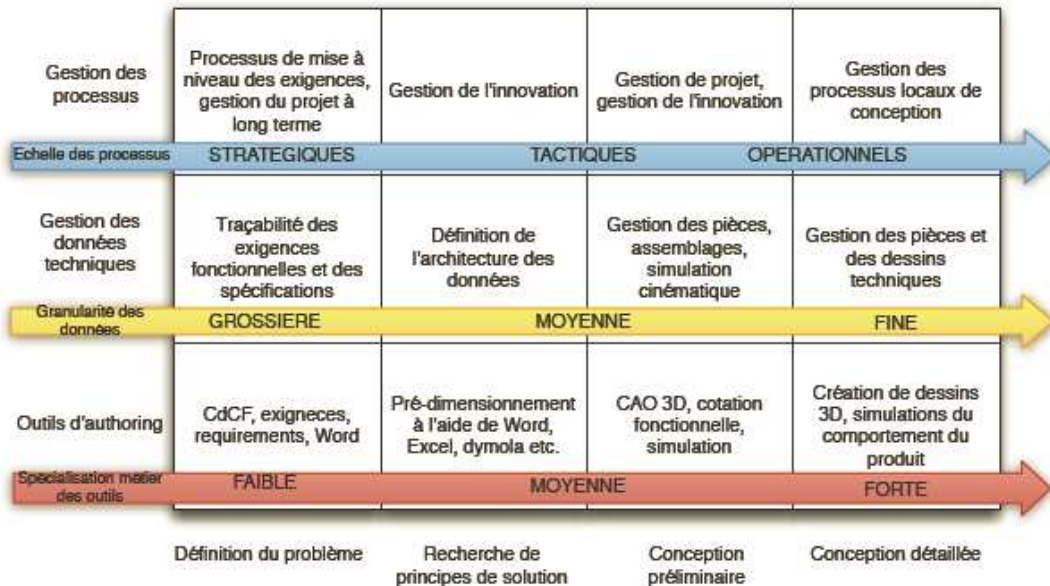


Figure 2. Classification des logiciels utilisés en conception (d'après [Paviot, 2010])

Les interactions entre ces 3 types d'outil (authoring, SGDT, gestion de projet) sont de plusieurs ordres :

- les activités de conception (tâches en gestion de projet) génèrent des données projet (devis, cahier des charges, budget) ou produit (qui permettent de définir le produit de manière univoque) ;
- la modification de ces données par le concepteur peut amener au déclenchement d'un workflow (un workflow de validation par exemple).

En particulier, parmi les outils de gestion de données techniques, on peut citer les outils de gestion d'objets de connaissance (objets qui encapsulent de façon distribuée une partie des connaissances de l'entreprise). D'une part, les **KMT** (*Knowledge Management Tool*) sont ainsi des outils dédiés à la gestion du patrimoine de connaissances d'une entreprise. Il s'agit principalement de base de données permettant de stocker et partager des documents formalisant de la connaissance [Vaccaro et al., 2010]. D'autre part, les **PDM** (*Product Data Management*), à l'origine dédiés uniquement à la gestion de fichiers CAO, visent aujourd'hui à gérer l'ensemble des données produits et information associées. Ils apparaissent aujourd'hui comme des outils ayant « l'habilité de capturer et gérer le capital intellectuel de l'entreprise à travers le cycle de vie de définition du produit » [CIMdata, 2011]. Ces deux types d'outils sont donc essentiels à l'activité de conception.

4.2 Analyse des TMC vis-à-vis de la philosophie Lean

A partir de la discussion faite dans le paragraphe précédent, nous pouvons analyser les TMC et les outils supports en considérant le point de vue Lean. Certaines questions sont donc essentielles :

- Qu'est-ce que la valeur client en conception ?
- Est-il possible de définir une chaîne de valeur en conception ?
- Si oui, quel support pour cette chaîne ?

4.2.1 Quelle valeur ?

Pour répondre à la première question, nous devons revenir à la définition de l'activité de conception. Dans ce cadre, nous pouvons citer la théorie générale de la conception de

[Tomiyama et Yoshikawa, 1987], qui considère la conception comme une **activité humaine largement contrôlée par les connaissances**. Un processus de conception implique donc des connaissances et des informations de conception qui doivent être prises en compte par le concepteur. Ceci implique que les théories et méthodologies se doivent de prendre en compte la capture, la représentation, la modélisation et la codification des connaissances et informations de conception [Bernard et Tichkiewitch, 2008]. Dans le même temps, ces connaissances doivent être réutilisées de manière appropriée.

Néanmoins, les activités génératrices de connaissances ne peuvent être les seules activités considérées comme à valeur ajoutée dans un PDP complet. En effet, [Ueda et al., 2008] ont aussi travaillé sur cette notion de création de valeur et sont arrivés à la conclusion que si la création d'un artefact commence avec l'acquisition de connaissances sur l'existant (cf. figure 3), un artefact fonctionnel ne crée pas toujours de la valeur : il en crée en apparaissant comme un acteur important de la scène composée de l'environnement (naturel et social) et des êtres humains.

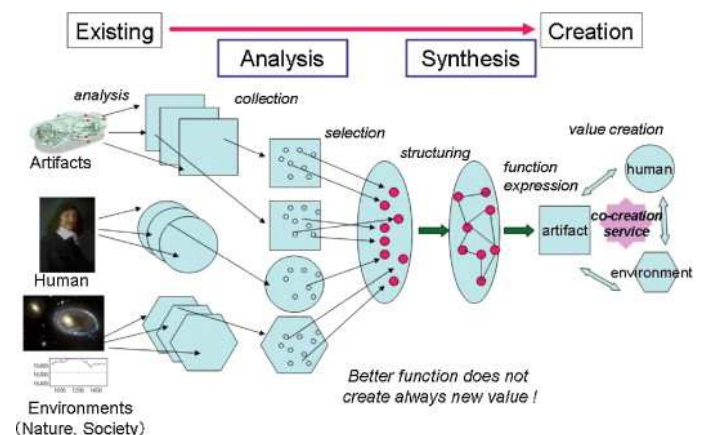


Figure 3. De l'analyse de l'existant à la création de valeur (d'après [Ueda et al., 2008])

De fait, l'innovation perçue par le client est actuellement reconnue comme étant un des facteurs clés de réussite pour la mise sur le marché de nouveaux produits.

C'est pourquoi nous proposons de définir la valeur dans le LPD comme étant l'ensemble **{connaissances + innovation}** : une activité est donc à valeur ajoutée si elle est génératrice de connaissances pour l'organisation et l'individu en charge de l'activité, ou/et si elle est génératrice d'innovation pour le produit.

4.2.2 Quelle chaîne de valeur ?

Concernant la seconde question, il est à noter la difficulté actuelle de proposer un processus unique de conception, voire un même un flux de conception. Plusieurs spécificités de la conception peuvent expliquer ce point dur.

L'activité de conception n'est pas une activité linéaire dans le sens où plusieurs allers et retours dans le PDP peuvent être nécessaires avant d'arriver à une solution acceptable : on parle alors de **boucle de conception**. Les principales décisions de conception sont prises durant les phases dites amont (i.e. avant la phase de conception détaillée) : elles ont un impact fort sur l'ensemble des autres phases du cycle de vie du produit [Verganti, 1999]. Ainsi, d'après [Asiedu et Gu, 1998] et [Barton et al., 2001], près de 80% du coût d'un produit est engagé par des décisions prises lors de ces phases amont. Les dynamiques des activités et des prises de décision de conception font que plus le projet de développement de produit avance, moins on dispose de latitude pour modifier les décisions en créant ainsi des irréversibilités [Midler, 1993]. Par conséquent, il existe un intérêt stratégique à anticiper au plus tôt l'impact des décisions de conception.

Cependant, si ces boucles apparaissent bien dans les TMC présentées auparavant, il est actuellement impossible de les prédire et il est donc très difficile de proposer un flux de travail robuste avec les modèles actuels.

D'autre part, dans l'idée de définir une chaîne de valeur, si la création de connaissances est une activité reconnue du PDP (via le concept de capitalisation des connaissances [Grundstein, 2002]), la diffusion de ces connaissances au sein de l'entreprise et en particulier dans un nouveau projet de conception est très difficilement quantifiable, principalement du fait de la dimension humaine de l'appropriation des connaissances.

Par conséquent, peu de travaux scientifiques proposent des instanciations des TMC qui peuvent être appliquées en industrie, et encore moins qui tiennent compte de la diffusion des connaissances. On peut néanmoins citer PROCAR (Processus de caractérisation produit / process) chez Renault, mais qui reste à un niveau de granularité trop important pour définir un flux au niveau opérationnel, et qui entraîne aujourd'hui les travaux de [Louis-Sidney et al., 2009].

4.2.3 Quel support ?

De fait, il est nécessaire d'avoir une organisation et des outils logiciels pour supporter une telle chaîne de valeur.

Dans ce contexte, le **PLM** (Product Lifecycle Management) semble être en phase avec une approche Lean. Le PLM peut être défini comme une stratégie d'entreprise visant à fédérer autour d'un référentiel unique l'ensemble des acteurs du développement d'un produit et des données qu'ils manipulent [Paviot, 2010]. A l'heure actuelle, aucun travail n'a essayé de lier le PLM au Lean, ce qui nous semble une piste de recherche intéressante.

Au niveau des outils, l'intégration au plus tôt de plus en plus de connaissances provenant de l'ensemble du cycle de vie

implique de nouveaux outils flexibles, avec des modélisations adaptées au niveau de représentation.

Ainsi, si depuis les années 80, la 3D a toujours été le point de focus des outils supports à la conception, elle demande un degré de représentation trop élevé par rapport aux besoins (surtout en contexte de produits mécatroniques).

Il nous semble donc important de proposer des outils de modélisation et de simulation multi-physique qui reposent sur des représentations simplifiées. Ces outils ne peuvent exister que si les connaissances des phénomènes physiques mis en jeu et en particulier leur couplage sont développées. Des initiatives comme le projet O2M¹ (Outils de Modélisation et de conception Mécatronique) du pôle de compétitivité MOV'EO de la région Ile de France, vont actuellement dans ce sens.

D'autre part, les outils de gestion du capital intellectuel de l'entreprise deviennent des ressources essentielles dans une approche Lean. Or, les outils KMT et PDM pèchent actuellement car ils ne peuvent seulement voir les métadonnées des objets de connaissances et de fait le document est traité comme une boîte noire, ce qui est source de gaspillage. Un verrou scientifique lié au LPD serait donc de proposer la nouvelle génération de ces outils, qui ont entre autre un niveau de raffinement plus détaillé, afin d'avoir accès à la connaissance et non plus à l'objet contenant la connaissance.

5 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Si le Lean manufacturing a atteint sa maturité, l'application du Lean au processus de développement de produit est encore en phase d'évolution. Cet article propose une analyse de l'avancement des recherches sur cette thématique. Dans un second temps, nous confrontons ces travaux à un point de vue original, celui du concepteur.

L'ensemble de cette réflexion nous a permis de constater l'état de la recherche sur le LPD et de proposer des perspectives scientifiques.

Nous avons ainsi pu constater que la notion de valeur en conception reste mal définie. D'autre part, du fait de sa spécificité, il est difficile de créer un flux de valeur pour l'activité de conception. Enfin, tirer la valeur par le client n'est peut-être pas pertinent.

De fait, il faut travailler sur le lien entre le métier de la conception et l'approche Lean. Nous proposons donc les perspectives suivantes : travailler sur le lien entre le PLM et le LPD, proposer une nouvelle génération d'outils supports à l'activité de conception (KMT, PDM, etc.) qui soient adaptés à la diminution des gaspillages.

6 REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier tout particulièrement Thi-Vong N'GUYEN pour son aide.

7 REFERENCES

Abdulmalek, F.A., Rajgopal, J., (2007) Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. *International Journal of Production Economics*, 107(1), pp. 223-236.

¹ <http://www.pole-moveo.org/pdf-projets-das/O2M-F.pdf>

- Asiedu, Y., Gu, P., (1998) Product life cycle cost analysis: state of the art review. *International journal of production research*, 36(4), pp. 883–908.
- AFIS - Association Française de l'Ingénierie Système (2011) Ingénierie Système, <https://www.afis.fr/nm-is/Pages/Ing%C3%A9nierie%20Syst%C3%A8me/Ing%C3%A9nierie%20Syst%C3%A8me.aspx> (accessed April 2011)
- Baines, T., Lightfoot, H., Williams, G.M., Greenough, R., (2006) State-of the-art in lean design engineering: a literature review on white collar lean. *Proceeding IMechE*, 220 (part B), *Journal of Engineering Manufacture*, pp. 1539-1547.
- Barton, J., Love, D., Taylor, G., (2001) Design determines 70 percents of cost ? A review of implications for design evaluation. *Journal of Engineering Design*, 12(1), pp 47-58.
- Bernard, A., Tichkiewitch, S., (2008) Methods and Tools for Effective Knowledge Life-cycle-management. *Springer*.
- CIMdata, (2011) cPDM – The Key to Harnessing Innovation in an E-Business World, http://www.cimdata.com/plm/definition_cpd.html, (accessed February 2011).
- Cloke, B., (2000) Lean products start with lean design. *Advanced Manufacturing Magazine*, Clifford/Elliott & Associates Limited.
- Cusumano, M.A., (1985) The Japanese automobile industry: technology and management at Nissan and Toyota. *Harvard East Asian Monographs*, 122, Harvard University Press, Boston, MA.
- Donovan, J., Tully, R., Wortman, B., (1998) The Value Enterprise: Strategies for Building a Value-Based Organization. Toronto: McGraw-Hill/Ryerson.
- Fujimoto, T., (1999) The evolution of a manufacturing system at Toyota. *Oxford University Press*, Oxford.
- Grundstein, M., (2002) De la capitalisation des connaissances au renforcement des compétences dans l'entreprise étendue. *Gestion des compétences et des connaissances en génie industriel – vers l'articulation entre compétences et connaissances*, Nantes.
- Hall, A., Lamouri, S., Affonso, R.C., (2009) Lean Product Development Theory. *International Conference on Software, Knowledge and Information Management and Applications (SKIMA 2009)*, Fes (Maroc), October 21-23.
- Haque, B., Moore, M.J., (2004) Measures of performance for lean product introduction in the aerospace industry. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*, 218 (part B), *Journal of Engineering Manufacture*, pp. 1387-1398.
- Hartley, J.R., (1992) Concurrent Engineering. *Productivity Press*, Portland.
- Holweg, M., (2006) The genealogy of lean production. *Journal of Operations Management*, 25(2), pp. 420–437.
- Howell, G., Ballard, G., (1997) Lean production theory: Moving beyond “Can-Do”. *Lean Construction Institute*, Alarcon, pp. 17-23.
- Karlsson, C., Ahlström, P. (1996) The difficult path to Lean Product Development. *Journal of Product Innovation Management*, 13, pp. 283-295.
- Louis-Sidney, L., Cheutet, V., Lamouri, S., (2009) Discussion about the establishment of a support process model for logistics of design, *Proceedings of CMSM'09*, Hammamet.
- Malak, R.J.Jr, Aughenbaugh, J.M., Paredis, C.J.J., (2009) Multi-attribute utility analysis in set-based conceptual design *Computer-Aided Design*, 41(3), pp. 214-227.
- McManus, H., Haggerty, A., Murman, E., (2005), Lean engineering: doing the right thing right. *International Conference on Innovation and Integration in Aerospace Sciences*, Northern Ireland (UK), August 4-5.
- Midler, C., (1993) L'auto qui n'existait pas : management des projets et transformation de l'entreprise. *InterEditions*, Paris.
- Mikulina, T.W., (1998) The parallel between product development and production and building design and construction. *Conference of the Design Build Institute of America*, Chicago.
- Mo, J.P.T., (2009) The role of lean in the application of information technology to manufacturing. *Computers in Industry*, 60(4), pp.266-276.
- Morgan, J.M., (2002) High performance product development: a systems approach to a lean product development process, *University of Michigan*.
- Ohno, T., (1988) Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production. Productivity Press.
- Oppenheim, B.W., (2004), Lean product development flow, *Systems Engineering*, 7(4), pp. 352-376.
- Paviot, T., (2010) Méthodologie de résolution des problèmes d'interopérabilité dans le domaine du Product Lifecycle Management. *Thèse de l'Ecole Centrale Paris*.
- Reinersten, R., (2005) How lean product development sparked a revolution: let it flow. *Industrial Engineer*, 37 (6), pp. 40-45.
- Schonberger, R.T., (1982) Japanese manufacturing techniques: nine hidden lessons in simplicity. Macmillan.
- Sobek, D.K., Ward, A.C., Liker, J.K., (1999) Toyota's principles of set-based concurrent engineering. *Sloan Management Review*, 40 (2), pp. 67–83.
- Tomiyaama, T., Gu, P., Jin, Y., Lutters, D., Kind, Ch., Kimura, F., (2009) Design methodologies: Industrial and educational applications. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 58 (2), pp. 543–565.
- Tomiyaama, T., Yoshikawa, H., (1987) Extended General Design Theory. In Yoshikawa H, Warman EA, (Eds.) *Design Theory for CAD*. North-Holland, Amsterdam, pp. 95–130.
- Ueda, K., Takenaka, T., Fujita, K., (2008) Toward Value Co-creation in Manufacturing and Servicing. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 1(1), 53–58.
- Vaccaro, A., Parente, R., Veloso, F.M., (2010) Knowledge Management Tools, Inter-Organizational Relationships, Innovation and Firm Performance. *Technological Forecasting and Social Change*, 77(7), pp. 1076-1089.
- Verganti, R., (1999) Planned flexibility: linking anticipation and reaction in product development projects. *Journal of Product Innovation Management*, 16(4), pp. 363-376.
- Womack, J.P., Jones, D.T., (1996), Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation. *Simon & Schuster*, N.Y.
- Womack, J.P., Jones, D.T., (2009) Système Lean : Penser l'entreprise au plus juste. 2ème édition, Pearson Education France.
- Womack, J.P., Jones, D.T., Roos, D., (1990) The machine that changed the world, *Maxwell MacMillan International*, New York.