
Collaboration amont et PLM : état des lieux

Frédéric Segonds* — **Christian Père**** — **Philippe Véron ***** —
Améziane Aoussat *

* *Laboratoire Conception de Produits et Innovation, Arts et Métiers ParisTech,
Centre de Paris,
151 boulevard de l'Hôpital, F-75013 Paris
prénom.nom@paris.ensam.fr*

** *Laboratoire Electronique, Informatique et Image, Arts et Métiers ParisTech,
Institut de Chalon-sur-Saône,
2 rue Thomas Dumorey, F-71100 Chalon-sur-Saône
christian.pere@cluny.ensam.fr*

*** *Laboratoire des Sciences de l'Information et des Systèmes, Arts et Métiers
ParisTech, Centre d'Aix-en-Provence
2 cours des Arts et Métiers, F-13617 Aix-en-Provence
philippe.veron@ensam.fr*

RÉSUMÉ. L'activité de conception de produits est classiquement présentée comme un enchaînement de quatre à six phases. Dans les phases amont comme celle de recherche de concepts, des équipes pluridisciplinaires collaborent ; parfois en marge de la chaîne numérique. Or c'est dans ces phases que près de 80% des coûts futurs du produit sont engagés. La collaboration doit donc y être forte, et les solutions PLM actuelles devraient y contribuer. L'article proposé, après avoir fixé les limites de la conception amont, présente un état des lieux de la collaboration dans ces phases. Ensuite, nous détaillons les connaissances nécessaires à la collaboration et proposons une méthodologie afin de concevoir un outil de collaboration amont, intégré dans une continuité numérique globale.

MOTS-CLÉS : Conception de produit, PLM, travail collaboratif, outils amont

ABSTRACT. Product design activity is traditionally presented as a succession of four to six phases. In the early stages of design, as the search for concepts, multi-disciplinary teams are working together, sometimes on the fringe of the numerical information's chain. But, during these phases, almost 80% of the committed cost of the product is engaged. Therefore, the collaboration should be important, and PLM software should contribute to it. This paper first determines the frontier of early stages of design. Then, we analyze the collaboration in this phase and describe knowledge which is necessary for an efficient collaboration. Finally, we propose a methodology to design an early stage of design's tool, integrated in a numeric continuity.

KEY WORDS : Product design, PLM, collaborative work, early stages of design

1. Introduction

Le but de cet article est de présenter une méthodologie permettant d'évaluer les activités de collaboration dans une équipe de conception, en phase amont. Pour cela, il sera tout d'abord nécessaire de définir les limites que nous fixons à la conception amont. Ensuite, nous ferons un état des lieux des méthodes et outils présents dans ces phases. Enfin, nous détaillerons et discuterons la méthodologie envisagée afin de définir un outil adapté à l'optimisation de la collaboration dans ces phases.

2. Limites fixées à la conception amont :

2.1. *Le processus de conception de produits*

2.1.1. Etat de l'art

L'activité de conception est généralement présentée comme un enchaînement de quatre à six phases. La « frontière » entre conception amont et conception détaillée est à définir en premier lieu. Cette frontière fait l'objet de diverses interprétations. On peut citer les travaux de (Grebici 2007), pour lesquels la conception de produit comprend trois phases : définition du problème, phase conceptuelle et phase de conception détaillée. Dans ces travaux, les sous processus définition du problème et phase conceptuelle forment le processus de conception amont.

Nous allons détailler et comparer les principales méthodes de conception de produit, afin de limiter notre champ d'investigation de la conception amont.

L'activité de conception a été étudiée par plusieurs auteurs. L'ambition n'est pas ici d'analyser tous les processus de conception issus des travaux de recherche. Les travaux de (Howard et al. 2008) font une synthèse des modèles de conception proposés de 1967 à 2006. Vingt-deux modèles y sont recensés, et tous se décomposent en six grandes étapes, développées ou non par les auteurs : analyse du besoin, planification des tâches, conception conceptuelle, définition de l'architecture du produit, conception détaillée et enfin, la phase de développement et production. Notre choix c'est volontairement limité à trois méthodologies traditionnelles. Nous pouvons citer celles de (Pahl et al. 2007), (Ullman 2003), ainsi que (AFNOR 1995). Les démarches utilisées sont détaillées ci-dessous puis résumées dans le tableau 1. Nous illustrerons sur chaque démarche étudiée la position de la conception amont dans nos travaux.

2.1.2. Pahl&Beitz

Pour (Pahl et al. 2007), la méthode de conception de produit se divise en quatre phases (voir figure 1). La phase de clarification des tâches et de planification vise à analyser le marché et à élaborer une liste de spécifications que devra remplir le

produit. La phase de « conceptual design », ou conception conceptuelle, permet d’aboutir à un concept de produit, qui prendra corps dans l’architecture qui est définie lors de la phase « d’embodiment design ». Enfin, la phase de conception détaillée sert à générer la documentation finale du produit, qui sera la référence lors de sa fabrication.

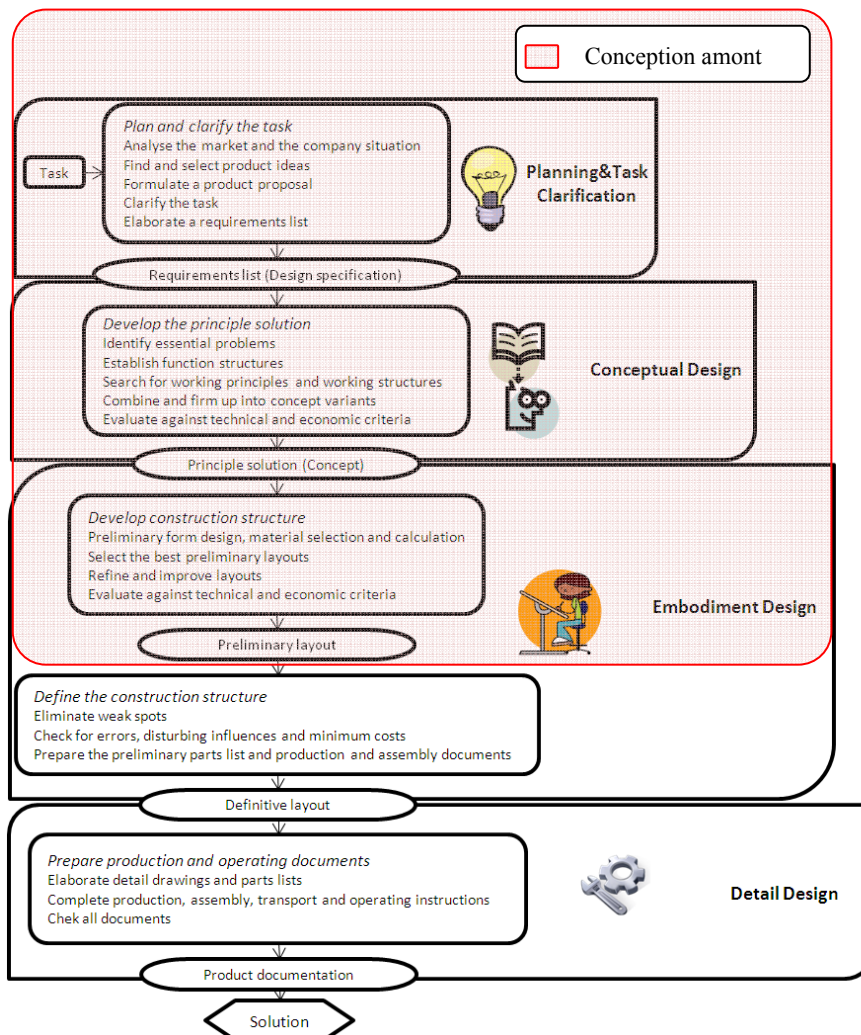


Figure 1. Conception selon (Pahl et al. 2007), et position de la conception amont.

2.1.3. Ullman

Pour (Ullman 2003), la conception de produit est également définie en quatre phases (voir figure 2). La phase de « project definition and planning » consiste en la formation de l'équipe projet, la réalisation d'une étude marketing afin de valider l'opportunité du produit, et enfin la réalisation d'un planning prévisionnel et d'une estimation des coûts. La phase de « specification definition » consiste en une identification des consommateurs, un recueil de leurs besoins, une étude de la concurrence, une traduction du besoin en spécifications techniques. La phase de « conceptual design » vise en majorité à générer et évaluer des concepts de solution. Ensuite une décision est prise afin de développer plus en profondeur le concept, et de communiquer à son sujet. Cette étape se clôture par une décision d'approbation finale du concept, lors d'une revue de conception. La phase de « product development » vise à générer et évaluer le produit, créer toute la documentation technique avant la phase de production et de support. Le temps passé au support est estimé à 20 à 30% du temps global. (Ullman 2003) considère qu'un concept est une idée suffisamment développée afin d'évaluer les concepts physiques qui gouvernent son comportement. On voit qu'entre la phase d'approbation du concept et la phase de développement du produit, aucune étape n'est spécifiée. La conception architecturale au sens de (Pahl et al. 2007) fait donc partie intégrante du début de la phase « Generate product ».

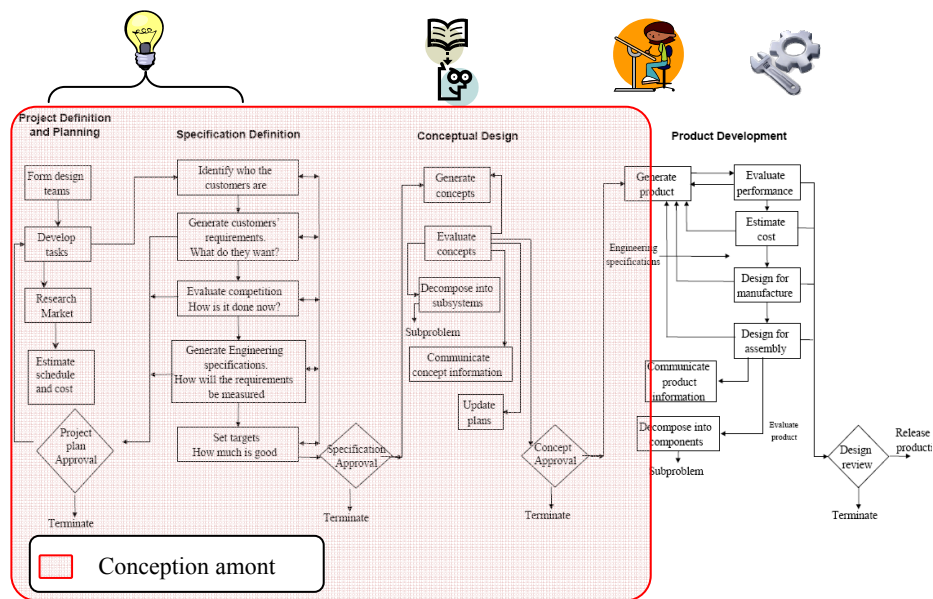


Figure 2. Conception selon (Ullman 2003), et position de la conception amount.

2.1.4. AFNOR

Enfin, au sens de (AFNOR 1995), le processus de développement de projet de conception de produit peut être divisé en 4 phases :

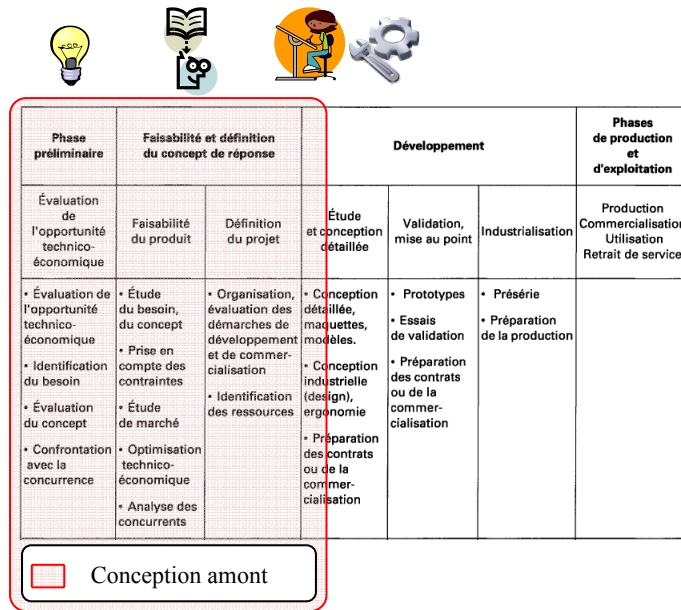


Figure 3. Développement de projet de conception de produit selon (AFNOR 1995), et position de la conception amont.

Ce processus a une vocation plus large que les études de (Pahl et al. 2007) ou (Ullman 2003). En effet, il balaye toutes les phases de conception-industrialisation-production-retrait de service. On retrouve cependant les phases de planification de projet et de clarification des tâches. Par contre, la phase de « conceptual design », avec l'étude et le choix parmi plusieurs concepts de solutions, n'est pas détaillée. On ne parle que d'un concept, qui sera évalué en phase préliminaire, puis étudié en phase de faisabilité. La phase de conception architecturale est également absente : on passe de l'étude du concept à la conception détaillée.

2.1.5. Synthèse

En synthèse de ces trois approches, on remarque des similitudes dans les méthodes de conception de produits. On retrouve la phase de définition du besoin, la phase conceptuelle, puis détaillée précédant la phase d'industrialisation. Le tableau 1 ci-dessous présente une synthèse de ces approches, et situe la conception amont dans notre étude.

	Théories		
	Pahl&Beitz	Ullman	AFNOR
Etapas de conception de produit	1. Planification et clarification de la tâche 2. Recherche et validation du concept 3. Conception architecturale 4. Conception détaillée	1. Définition et planification du projet 2. Définition des spécifications 3. Recherche, communication et validation du concept 4. Développement produit	1. Phase préliminaire 2. Faisabilité et définition du concept de réponse 3. Développement produit 4. Production et exploitation
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> Conception amont </div>			

Tableau 1. Méthodes de conception et positionnement de la conception amont

La conception amont regroupe donc les phases de définition et planification du projet, la phase de recherche et validation du concept et les premières étapes de la conception architecturale, jusqu'à la génération d'un tracé préliminaire. Ces étapes sont, chez (Ullman 2003) et (AFNOR 1995) encapsulées dans l'étape « développement de produit ».

Il faut noter que cette « frontière » doit plutôt être considérée comme un barycentre de nos centres d'intérêts, mais qu'elle pourra légèrement fluctuer en fonction du type de projet de conception concerné. Par exemple, sur un projet de conception aéronautique, ne considérer que les phases de planification et clarification de la tâche et « conceptual design » comme conception amont serait réducteur. En effet, les coûts de conception sont si importants que le projet ne part jamais d'une feuille blanche. La conception amont sera, dans ce cas, la phase des avant-projets qui ont pour rôle de définir une architecture possible de l'appareil. Le type de projet influe donc sur les activités de la phase amont.

2.2. Importance du type de projet de conception

Les actions engagées en conception amont dépendent du type de projet concerné. Selon (Micaëlli, Forest 2003), il existe quatre types de projets de conception : le projet inventif, innovant, de construction et d'amélioration. Pour chaque type de projet, le processus de conception « standard » doit être adapté. Le projet inventif (ou créatif, d'anticipation) a pour but de valider un nouveau concept. Le projet innovant a pour cible la réalisation d'une nouvelle solution qui modifie le système de références en place. Le projet de construction (ou d'intégration, de

conception routinière) vise à proposer une variante d'un produit existant. Enfin la reconception, ou projet d'amélioration suppose de modifier un produit existant pour satisfaire de nouveaux besoins ou améliorer ses performances. On peut également citer les travaux de (Serrafero 2008), qui illustrent les différents projets de conception.

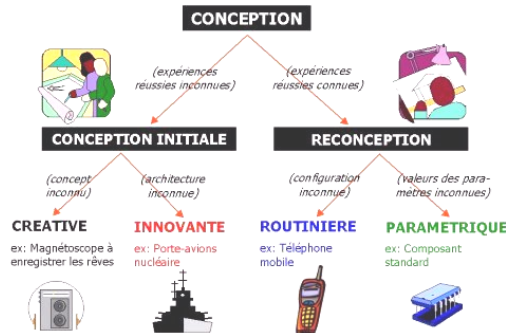


Figure 4. Les différents types de projet de conception (Serrafero 2008)

En synthèse, le tableau 2 ci-dessous présente, en fonction du type de projet de conception concerné, les phases de conception qui sont réalisées, selon la terminologie de (Pahl et al. 2007).

Conception	CREATIVE ex: Magnétoscope à enregistrer les rêves	INNOVANTE ex: Porte-avions nucléaire	ROUTINIÈRE ex: Téléphone mobile	PARAMÉTRIQUE ex: Composant standard
Phases				
Planning & clarification				
Conceptual Design				
Embodiment Design				
Detail Design				
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> Conception amont </div>				

Tableau 2. *Phases suivies en fonction du projet, position de la conception amont*

On note que l'intersection entre les différents types de projet et la conception amont varie fortement en fonction du type de projet. Ainsi, les projets créatifs et innovants passent par toutes les phases de la conception amont, tandis qu'un projet de conception routinière n'aura de conception amont que la fin de la phase de « conceptual design » (réalisation d'esquisses de conception) et le début de la phase « d'embodiment design ». Le projet de conception paramétrique, quant à lui, ne fait pas intervenir les phases amont de conception. Les conceptions les plus propices à l'exploration de la collaboration amont sont donc les projets créatifs (assez rares), les projets innovants et de conception routinière.

3. La collaboration en conception : méthodes, outils et place du PLM

3.1. La collaboration amont et le PLM

La collaboration en conception est sujet à de nombreuses études. Généralement, on remarque que les activités de conception détaillée font l'objet d'une structuration plus grande que celle des phases amont. Ainsi, avec le développement du PLM (Product Lifecycle Management), des PDM (Product Data Management) et des workflows associés, les éditeurs de logiciels ont proposé des solutions aux problèmes quotidiens des bureaux d'études (versionnement des pièces, « naming » etc...) et des bureaux des méthodes.

Cependant, ces solutions manquent parfois de souplesse, et s'adaptent mal aux phases amont. C'est ce que montre (Mougenot 2008) pour les phases exploratoires des designers. On note un manque de développement d'outils à l'heure actuelle dans la phase d'exploration et dans le début de la phase de « conceptual design ».

Selon (Debaeker 2004), la traduction littérale du Product Lifecycle Management est la gestion d'un produit dans tout son cycle de vie. Le cycle de vie comprend le concept initial, à partir des exigences clients, son développement, intégrant le développement de ses moyens de production (industrialisation produit/process), sa vie opérationnelle et sa fin de vie.

Le PLM peut ainsi être approché comme une démarche et une infrastructure de conception de produits, qui possède les caractéristiques suivantes :

- C'est une démarche qui orchestre et outille la création collaborative, la gestion, la diffusion et l'utilisation d'informations définissant le produit ;
- Il constitue l'armature de l'information produit au sein de l'entreprise et pour ses partenaires ;
- Il s'étend du concept produit à la fin de vie.

L'étude de la collaboration des phases amont de la conception, ou collaboration amont, a donc vocation à s'intégrer dans la démarche PLM.

Dans les faits, les solutions PLM actuellement déployées ne prennent pas en compte toute la phase amont de conception. Ainsi, selon (Minich, Pallez 1999) les systèmes CFAO fournissent peu d'assistance pendant les premières phases de conception, qui sont pourtant primordiales pour la qualité du produit, ainsi que pour le coût de la conception. En effet, les travaux de (Mickaels, Wood.1989) ont montré (voir figure 5) que le coût induit par les décisions de conception représente près de 80% des coûts futurs du produit, alors que moins de 15% des coûts du projet sont engagés.

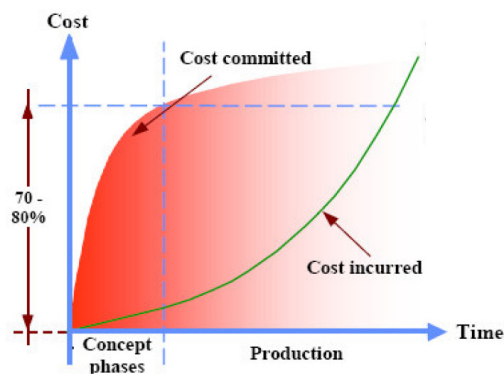


Figure 5. Courbe dépenses projet avérées et engagées, adapté de (Rush, Roy. 2000)

Certains outils commencent à se développer à destination des designers et, plus généralement, des équipes de conception amont. Cependant, la maîtrise de l'outil est souvent un frein à son utilisation. On note une évolution particulière ces dernières années dans ce domaine, mais qui ne couvre pas tous les besoins. Par exemple, la société Dassault Systèmes a créé le « Design Studio » qui prend en compte les contraintes des designers afin de faire émerger une maquette numérique au plus tôt. Pour plus d'exemples et de détails, le site suivant présente les fonctionnalités du Design Studio : <http://www.3ds.com/fr/design-studio/>.

L'objectif de cet outil est de pouvoir passer à la maquette numérique en 3 dimensions en partant d'une feuille blanche ou de dessins 2D, issus par exemple d'un designer (voir figure 6). Le but est d'obtenir une communication interne et externe au projet efficace, et d'améliorer la compréhension des intentions de conception par tous les acteurs impliqués dans le projet. La collaboration en conception amont passe donc avant tout, selon Dassault Systèmes, par une dissémination de la maquette numérique le plus tôt possible.



Figure 6. Le « Design Studio » de Dassault Systèmes

Des travaux de recherche visant à couvrir la totalité du cycle du produit ont été proposés. On peut citer (Tseng et al. 2008), qui présente une plateforme de conception « CoDevelop » à interface web pour le développement collaboratif de produits, comportant quatre étapes : administration, marketing, conception et industrialisation. Le scénario de fonctionnement est présenté à la figure 7.

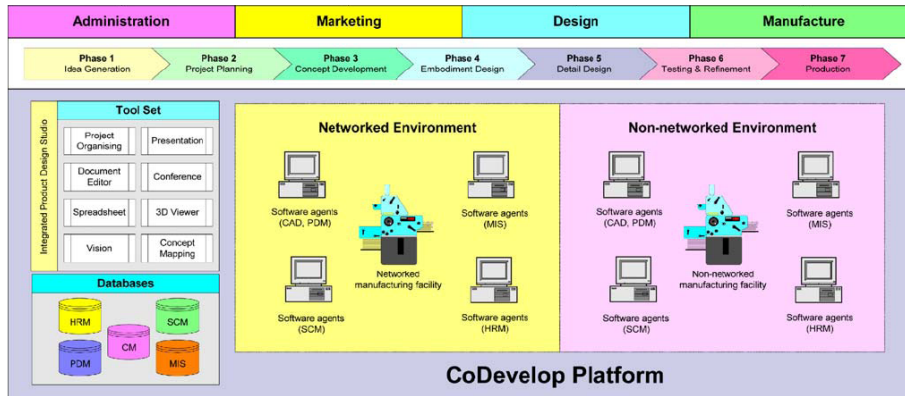


Figure 7. La plateforme CoDevelop, extrait de (Tseng et al. 2008)

Le fonctionnement de cet outil est fondé sur cinq bases de données : une pour les ressources humaines, une pour les informations marketing, une pour la communication, une pour la conception et une pour la « supply-chain ». Ensuite, un « design studio » (au sens anglo-saxon du terme, concepteur ; à la différence du « Design Studio » développé par Dassault Systèmes) est intégré à la chaîne numérique. Il permet de modifier la conception dès les phases amont. L'exemple traité (conception d'un téléphone portable), comprend une analyse des coûts, dès les phases de « conceptual design ». Une limite de cette étude est que la maquette numérique est introduite dès la première phase dans le processus de conception. Les aspects recherche de concepts, étude de style ne sont pas évoqués. Cette plateforme présente donc une très bonne base pour les projets de conception paramétrique ou routinière, mais montrerait ses limites pour les autres.

Le dernier élément souligné est le contexte culturel et environnemental dans lequel l'outil aura à s'intégrer. C'est d'ailleurs l'un des facteurs clé de réussite. Cela pose donc une question cruciale lors du développement de ce genre de plateforme : comment proposer un outil qui soit adopté par la majorité des acteurs de la phase amont de la conception, et qui ne vienne pas les contraindre dans leur travail ?

Enfin, (Tseng et al. 2008) insiste sur le fait que les moyens de communication les plus utilisés en conception restent encore les e-mails. Dans une étude récente (Brown 2006), sur un panel de 100 entreprises, montre que le mail est encore utilisé dans 95% des cas de collaboration, loin devant les outils de PDM ou la maquette numérique (voir tableau 3). Il montre également que les entreprises les plus performantes en termes de temps et de coût de développement utilisent à 87% des outils de collaboration en conception depuis plus d'un an. Ceci valide un réel intérêt pour la collaboration amont sur le plan industriel.

Tools for design collaboration	Currently use
E-mail	95%
Spreadsheets	92%
Paper drawings/documents	84%
Video conferencing	62%
Digital mock-up	49%
Web portals	46%
Product data management (PDM)	46%

Tableau 3. *Outils de collaboration en conception, adapté de (Brown 2006)*

3.2. Les connaissances utiles à la collaboration

Une collaboration efficace nécessite, selon (Yesilbas, Lombard 2004), trois types de connaissances collaboratives. Tout d'abord, la connaissance pré-collaborative, qui concerne les pré-requis indispensables à la collaboration. Ces connaissances peuvent être recensées dans un ouvrage. Un lexique des termes employés peut également être créé afin que le langage soit commun à l'équipe. Ensuite, les connaissances pendant la collaboration. Elles concernent les données que l'on doit échanger au cours du projet afin que celui-ci avance correctement. C'est dans cette phase que des représentations adaptées doivent être trouvées afin de permettre à chacun de participer efficacement au projet. Enfin, les connaissances post-collaboration qui sont produites suite à la collaboration. Elles peuvent être archivées soit sous forme papier ou numérique, dans une base de données par exemple. Un outil collaboratif adapté à la conception amont doit privilégier l'accès à toutes ces connaissances.

4. Conception d'un outil adapté aux phases amont

4.1. Méthodologie de développement

Afin de pouvoir analyser la collaboration des phases amont, il convient de décrire l'activité de conception amont. La démarche que nous proposons est explicitée dans le tableau 4 ci-dessous. Elle consiste, dans un premier temps, à identifier les acteurs présents dans ces phases de conception amont, ainsi que leurs modes de collaboration. L'état de l'art sera affiné par une étude de la recherche universitaire dans le domaine, ainsi que des entretiens avec des industriels en charge du développement de nouveaux produits. Le choix des industriels sera fait en fonction de la complexité de leurs produits. Les trois produits cibles sont : un bien de grande consommation, un produit de l'industrie automobile et un produit aéronautique. Dans un second temps, les modèles de conception amont développés seront confrontés afin d'identifier des « vides » en termes d'outils. Puis un outil sera spécifié et conçu avec des scénarios de conception type. Afin de garantir la pérennité des informations stockées, cet outil devra être compatible (voire intégré) aux solutions PLM existantes.


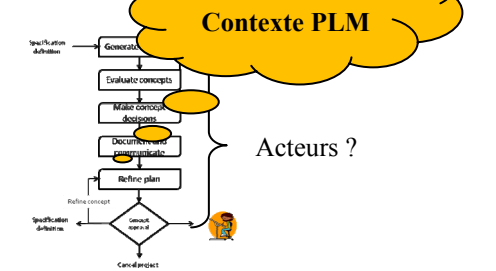

Sujet Etude	Acteurs de la conception amont	Moyens de collaboration
Synthèse industrielle méthodes, acteurs et outils		e-mails brief marketing brief design visioconférence PDM ...
Synthèse universitaire méthodes acteurs et outils		Dessins papier e-mails PDM ...
 Echanges et comparaisons		

Tableau 4. Proposition d'une méthodologie de conception d'un outil collaboratif amont, intégré aux solutions PLM.

4.2. Une ébauche de proposition

La conception amont se caractérise par la multitude d'intervenants d'horizons différents. On retrouve classiquement : ingénieur, ergonomiste, designer, équipe marketing etc... Chacune de ces activités nécessite une représentation du produit, adaptée à son cœur de métier. Ainsi, les besoins en représentations du produit sont multiples.

Un outil adapté à la conception amont doit prendre en compte ces contraintes afin de proposer une solution. L'idée d'un logiciel unique et imposé semble à rejeter, car trop contraignante. Il conviendrait plutôt de développer un outil permettant à chaque intervenant du projet de venir apporter sa contribution dès la phase de conception amont afin de participer au projet et d'enrichir sa base de connaissances. Le développement de cette solution passera par une analyse du besoin poussée, et ce pour les différents types de produits précités.

Enfin, l'outil proposé doit pouvoir permettre l'accès aux types de connaissances définies par (Yesilbas, Lombard 2004). La connaissance pré-collaborative pourra être disponible via une base de données, et accessible à tous. Les données échangées au cours du projet seront stockées et accessibles via l'outil.

5. Perspectives

Dans cet article, nous avons analysé et défini la conception amont vis-à-vis des théories de la conception traditionnelles. Puis nous avons montré que la conception amont, phase cruciale dans le développement d'un produit, n'a qu'une place marginale dans les outils PLM, que ce soit dans le monde industriel ou universitaire. Nous avons montré que ces outils pouvaient en effet être ressentis comme une contrainte pour les acteurs concernés. Enfin, nous avons proposé une méthode permettant de définir un outil de collaboration des phases amont, basé sur une étude de la recherche universitaire et enrichie de cas d'études industriels. Une perspective de recherche est de valider cette méthode par la mise en œuvre et le retour d'expérience sur l'outil proposé.

6. Bibliographie

- AFNOR (ed) 1995, *FD X50-101 : Analyse fonctionnelle - L'analyse fonctionnelle outil interdisciplinaire de compétitivité.*
- Brown, J. 2006, *The Product Lifecycle Collaboration Benchmark Report - The Product Profitability "X-Factor"*, Aberdeen Group, Etats-Unis.
- Debaecker, D. 2004, *PLM La gestion collaborative du cycle de vie des produits*, Hermès Lavoisier, Paris.

- Grebici, K. 2007, *La maturité de l'information et le processus de conception collaborative*, INPG.
- Howard, T.J., Culley S.J., Dekoninck, E. 2008, "Describing the creative design process by the integration of engineering design and cognitive psychology literature", *Design Studies*, vol 29, no 2, pp. 160-180.
- Micaëlli, J.-. & Forest, J. 2003, *Artificialisme, introduction à une théorie de la conception*. Presses polytechniques et universitaires romandes.
- Michaels, J.V.& Wood W.P.1989, *Design to cost*, Wiley-Interscience, New York.
- Minich, C. & Pallez, D. 1999, "Vers des outils informatiques d'assistance aux phases amont de la conception : état de l'art", *Revue internationale de CFAO et d'informatique graphique*, vol. 14, no. 2, pp. 177-206.
- Mougenot, C. 2008, *Modélisation de la phase d'exploration du processus de conception de produits, pour une créativité augmentée.*, Arts et Métiers ParisTech.
- Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J. & Grote, K.H. 2007, *Engineering Design - A systematic approach*, Springer, Londres.
- Rush, C. & Roy, R. 2000, "Analysis of cost estimating processes used within a concurrent engineering environment throughout a product life cycle", *7th ISPE International Conference on Concurrent Engineering*, Lyon, France
- Serrafero, P. 2008, 08/2008-last update, *Evolution sémantique de l'ingénierie assistée par ordinateur*. Available: <http://www.iknova.com/publi.htm>.
- Tseng, K., Abdalla, H. & Shehab, E. 2008, "A Web-based integrated design system: its applications on conceptual design stage", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 35, no. 9-10, pp. 1028-1040.
- Ullman, D.G. 2003, *The Mechanical Design Process*, McGraw-Hill Higher Education.
- Yesilbas, L.G. & Lombard, M. 2004, "Towards a knowledge repository for collaborative design process: Focus on conflict management", *Computers in Industry*, vol. 55, no. 3, pp. 335-350.