

INTEGRATION DES CONNAISSANCES POUR LE PILOTAGE DES ENVIRONNEMENTS DE CONCEPTION EN CONCEPTION COLLABORATIVE

Vincent ROBIN*, Philippe GIRARD, Bertrand ROSE et Muriel LOMBARD

Résumé. - Le pilotage des projets de conception consiste non seulement à allouer des ressources pour satisfaire au mieux les objectifs du projet, mais surtout à favoriser la collaboration entre les acteurs impliqués dans le projet afin d'augmenter l'efficacité des équipes de concepteurs. Pendant le déroulement du projet, le chef de projet doit pouvoir analyser la situation de conception existante afin d'encourager l'apparition d'un contexte de collaboration efficient en créant un environnement de conception approprié. Cet article présente les concepts permettant d'analyser les formes de collaboration mises en jeu lors des processus de conception pour permettre la mise en place et le pilotage d'un environnement de conception. Cet environnement dépend de la situation de conception observée et des objectifs à atteindre. Ainsi, sur la base de l'analyse des connaissances échangées et partagées en conception et de l'étude des mécanismes de collaboration dans les équipes de concepteurs, nous nous proposons de définir une méthodologie de pilotage des processus collaboratifs pour en améliorer les performances.

Mots-clés : Conception collaborative, Pilotage de la conception, Environnement de conception, Evaluation des performances.

1. Introduction

Le processus de conception est considéré comme un ensemble d'activités mises en œuvre pour satisfaire les objectifs de conception, c'est-à-dire la définition de produits. En terme de pilotage, il faut se concentrer sur la définition du produit et de son évolution, sur les objectifs de

* Laboratoire d'Automatique, Productique et Signal - Groupe GRAI, UMR 5131, Université Bordeaux 1, 351 cours de la Libération, 33405 Talence Cedex, France.

conception contraints par l'organisation de l'entreprise (Minzberg, 1989) et également sur les étapes de conception influencées par les technologies, les ressources humaines et physiques mises en œuvre (Wang *et al.*, 2002). La conception est principalement une activité humaine et il est complexe de modéliser les activités cognitives des concepteurs (Gero, 1998). Plusieurs modèles de conception (Love, 2000) ont été proposés et leur étude montre que, selon le type de conception, les objets de la conception sont différents. Quand les étapes de résolution sont connues, le projet est structuré selon les différentes activités qui transforment la connaissance sur le produit. Dans les autres cas, la conception est considérée comme un processus créateur ou innovant et les activités ne structurent pas forcément le projet. La conception est alors identifiée comme un processus permettant l'émergence des solutions (Tichkiewitch, 1994). Le projet doit donc être organisé pour favoriser la collaboration entre les acteurs du processus. Le chef de projet a pour tâche de créer des situations de conception facilitant l'apparition des solutions. Il cherche à adapter l'organisation pour favoriser le travail collaboratif et faciliter le partage d'informations et de connaissances. Cet article étudie les connaissances échangées lors d'une activité collaborative en vue de leur utilisation pour le pilotage du processus de conception. Nous montrons comment les connaissances échangées et partagées pendant le processus de conception permettent au chef de projet de piloter l'évolution d'un environnement de conception. La première partie de l'article rappelle la modélisation du système de conception à l'aide du modèle GRAI et permet ainsi de définir le concept d'environnement de conception. La seconde partie analyse les connaissances échangées au cours des activités de conception collaboratives et leur prise en compte pour le pilotage du processus de conception. La dernière partie montre comment se déroule la phase de pilotage d'une situation collaborative par le biais du suivi du processus de popularisation/médiation entre des acteurs collaborant.

2. Définir les environnements de conception

Le processus de conception doit répondre à des contraintes de coût, qualité et délais de plus en plus restrictives et les acteurs de la conception sont de plus en plus souvent dispersés du fait de l'organisation des entreprises. Dans ce contexte, le pilotage du processus de conception doit être réactif et doit tenir compte des contraintes externes et des collaborations qui vont apparaître plus fréquemment entre les acteurs. Le pilotage de ces cycles de collaboration exige la compréhension du contexte au sein duquel ils ont lieu (Chiu, 2003). Pour augmenter la performance du processus de conception et satisfaire les attentes des clients comme les objectifs de l'entreprise, le décideur (généralement le chef de projet) doit adapter l'environnement de travail des concepteurs au regard du contexte dans lequel se déroule le processus de conception. L'objectif est ici d'améliorer l'environnement de travail des acteurs pour créer des groupes de travail plus efficaces, en fonction des objectifs assignés. Girard (Girard *et al.*, 2002) a identifié quatre types d'interactions entre l'acteur et les éléments du contexte dans lequel il évolue pendant le processus de conception (Figure 1) :

- l'acteur et l'objet de la conception,
- l'acteur et sa relation avec un autre acteur,
- l'acteur et sa relation au groupe,
- les interactions du groupe d'acteurs avec son environnement.

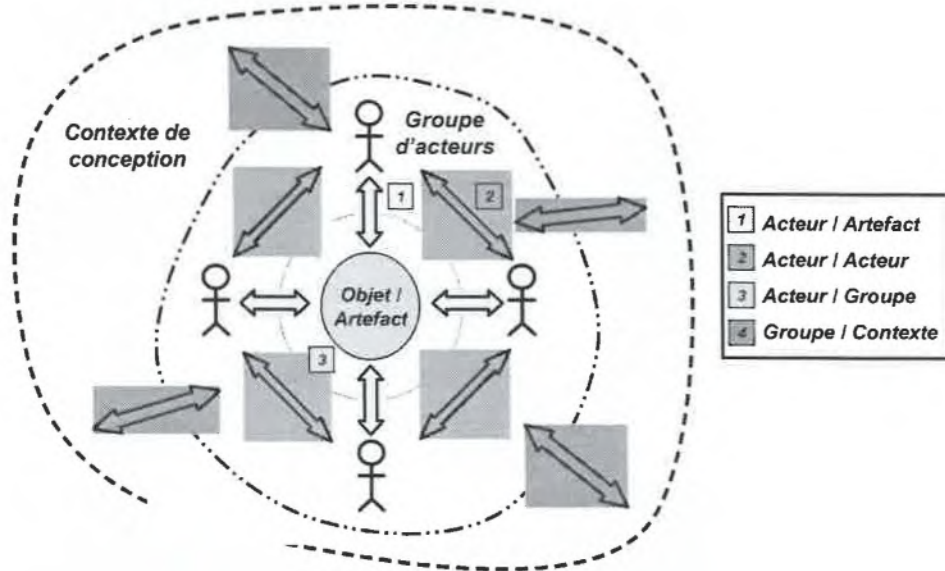


Figure 1. Interactions entre l'acteur et son contexte de travail

La maîtrise des décisions de pilotage suppose que les objectifs, les leviers d'action et les indicateurs de performance doivent être identifiés et définis pour ces quatre types d'interactions (Sénéchal *et al.*, 2003). Pour être efficace, le contrôle de ces interactions doit être mené en tenant compte des aspects techniques, des aspects sociaux, de la gestion des ressources, de la gestion des connaissances, etc.

2.1 Le modèle GRAI pour piloter les contextes de conception

Le modèle GRAI offre un cadre pour piloter la création, le déploiement, le suivi et l'évolution du contexte de conception. Girard et Doumeingts (Girard et Doumeingts, 2004) définissent le système de conception comme étant composé de 3 sous-ensembles : le système de décision, le système technologique et le système d'information. Les prises de décision du chef de projet pour organiser le système technologique sont structurées selon des critères temporels (Horizon et Période) définissant les niveaux stratégiques, tactiques et opérationnels (lignes), et des critères fonctionnels définissant la nature de la décision (colonnes) (Figure 2). Dans cette structure, l'intersection entre une ligne et une colonne représente un centre de décision. Les flèches doubles (verticales ou horizontales) représentent les cadres de décision. À un niveau de

prise de décision donné, le centre de décision pilote le système technologique qui est organisé en centres de conception. Un centre de conception est une organisation locale et est responsable d'un ensemble d'objectifs de conception. La structure en centres de conception et la définition du cadre de conception sont décidées par le chef de projet (ou un groupe de personnes) qui est responsable du niveau décisionnel. C'est au sein d'un centre de conception que va avoir lieu le travail collaboratif de conception. Chaque centre de conception reçoit des centres de décision qui le pilotent, un cadre de conception pour spécifier son propre contexte de conception.

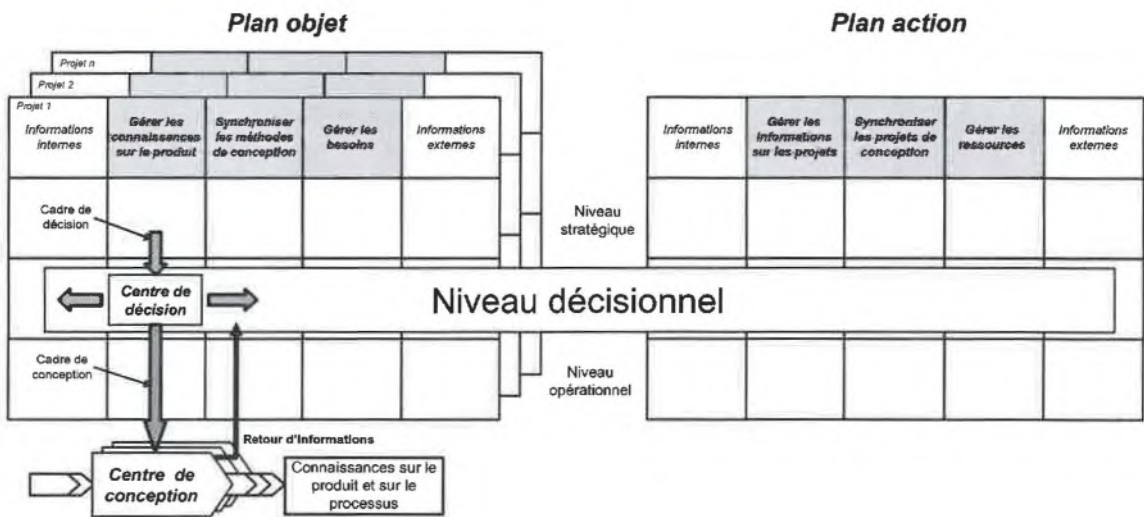


Figure 2. Le modèle de référence GRAI pour la conception

Le contexte de conception d'un centre de conception pouvant changer au cours du projet, il est proposé de piloter cette évolution en s'appuyant sur le concept d'environnement de conception.

2.2 L'environnement de conception

Robin (Robin *et al.*, 2004) définit un environnement de conception comme le contexte de travail des acteurs de la conception mis en place pour atteindre les objectifs assignés et optimiser les performances relatives aux attentes des clients et de l'entreprise. Les mécanismes qui peuvent aider le chef de projet à adapter l'environnement de conception ont été définis et en particulier l'ensemble des paramètres d'un environnement de conception. La création et la mise en place d'un environnement de conception nécessitent une analyse de la situation de conception. Elle est définie comme l'état du système technologique à un moment donné (Eder, 2003). La situation est une image du contexte de conception à un instant donné. Le pilotage des environnements de conception consiste à ajuster chaque situation en faisant évoluer le contexte de conception pour améliorer les performances du centre de conception. Ce pilotage passera en fait par un suivi des interactions entre l'acteur et son contexte de travail. L'environnement de

conception évoluera au fur et mesure de la progression des activités des acteurs et le processus de pilotage est basé sur quatre phases principales (Figure 3) :

1. Identification du besoin de collaboration,
2. Description de la situation réelle de conception,
3. Analyse et comparaison de cette situation (indicateurs de performance) avec les objectifs du système de conception afin de prendre une décision corrective ou anticipative en utilisant des leviers d'action,
4. Mise en oeuvre du nouvel environnement de conception pour changer efficacement le contexte de conception.

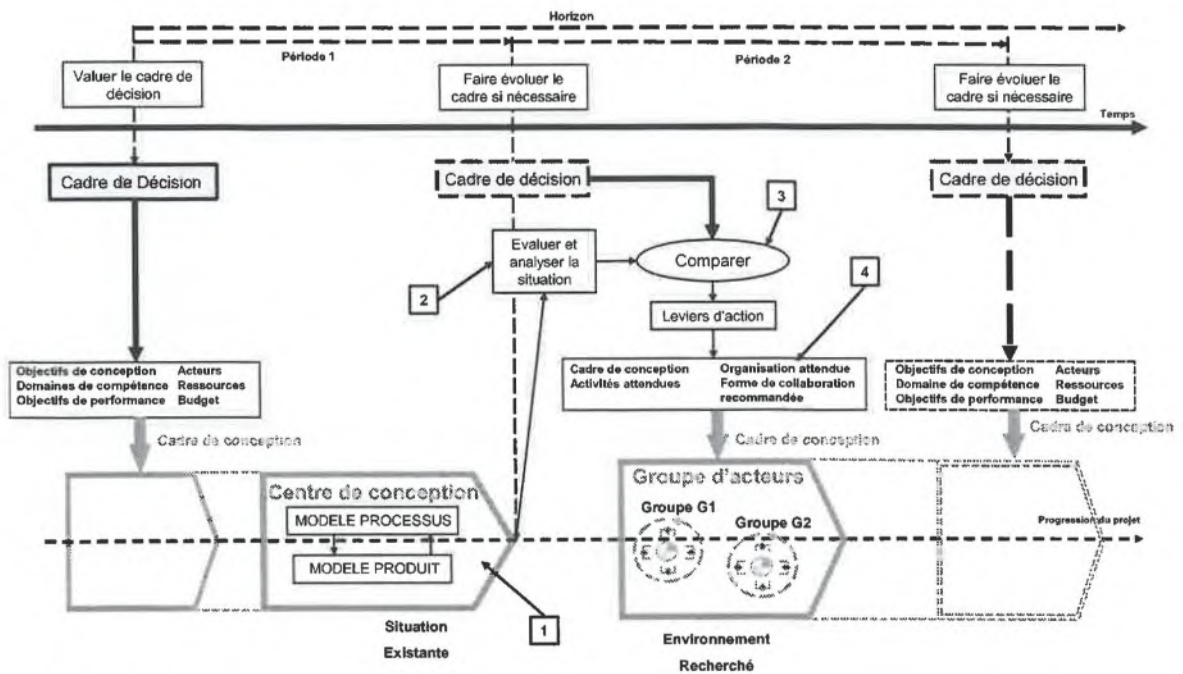


Figure 3. Pilotage du processus de conception par le biais des environnements de conception

Les performances de l'activité collaborative de conception dépendent directement des relations entre les acteurs. L'efficacité d'un environnement de conception dépend des informations et des connaissances échangées et partagées entre les acteurs de conception. Le pilotage des environnements de conception doit prendre en compte ces connaissances mises en jeu pendant les activités collaboratives et une stratégie de capitalisation à des fins de conduite est à développer.

3. Analyse des connaissances échangées en conception

Dans la notion de connaissance, Nonaka et Takeuchi (Nonaka et Takeuchi, 1995) font la distinction entre deux types de connaissances : la connaissance tacite (personnelle et difficile à transmettre) et la connaissance explicite qui peut être codifiée et donc transmissible d'une façon formelle par des courriers ou des documents, par exemple. Nonaka et Takeuchi considèrent que la connaissance est construite grâce aux différentes interactions entre les connaissances tacites et explicites. Ils identifient quatre modes de transfert (socialisation, externalisation, internalisation et combinaison). Par conséquent, pour être efficace dans la conduite de la conception, nous devons intégrer tout ou partie de ces aspects et de ces modes de transfert afin de pouvoir, à terme, capitaliser la connaissance de collaboration.

Le concept de connaissance de collaboration est défini comme l'ensemble des connaissances nécessaires au bon déroulement d'une situation de conception collaborative donnée. La connaissance de collaboration est vue comme étant un vecteur d'échange de la connaissance entre les différents acteurs. Cet échange autorise la collaboration entre des acteurs provenant d'horizons variés, ayant chacun un passé différent et partageant des modèles ou des références communes afin d'avoir une vision globale du problème. Cette connaissance est partagée dans le contexte au sein duquel les acteurs évoluent et elle peut apparaître sous une forme hétérogène, imprécise et inachevée. Tous les acteurs sont censés stocker cette connaissance au cours du projet ce qui permet une concordance commune entre les diverses expertises impliquées durant le projet. Dans la mesure où elle est basée sur une vision partagée des éléments qui la composent, la connaissance de collaboration est principalement établie sur la base de connaissances explicites. Elle est aussi caractérisée par une culture commune et un langage commun pour chaque expertise représentée dans le projet (Midler, 1998). Les activités collaboratives de conception doivent être tracées pour pouvoir réutiliser le processus de conception s'il a été efficace. L'acteur étant un facteur prépondérant pour la performance du processus de conception, la connaissance et l'expérience de collaboration de chaque acteur doivent aussi être prises en compte. Rose (Rose *et al.*, 2003) propose de structurer la connaissance de collaboration mises en jeu lors d'une phase collaborative de conception suivant quatre aspects (Figure 4) :

- la connaissance de vulgarisation acquise par l'acteur et venant des autres membres du groupe,
- la connaissance de vulgarisation distribuée aux autres acteurs du projet de conception,
- la connaissance de savoir-être, utilisée par l'acteur quand il doit communiquer avec les autres acteurs,
- la connaissance de synergie, mise en application pour effectuer et maintenir les échanges de la connaissance d'intra-groupe.

Selon la situation de conception, il sera nécessaire de faciliter l'usage de l'ensemble de ces types de connaissance pour rendre la collaboration efficace. Ceci sera possible si l'on a formalisé et capitalisé les échanges et les connaissances produites lors des projets précédents, afin qu'ils soient facilement compréhensibles et réutilisables.

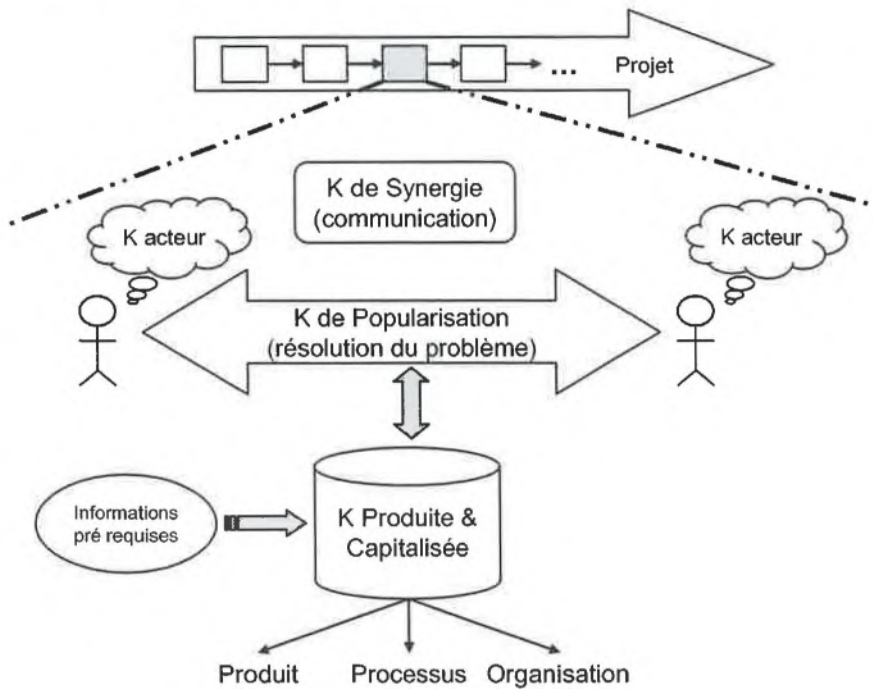


Figure 4. Connaissances échangées durant le processus de conception collaborative ;

4. Evaluation d'une situation collaborative

4.1 Prise en compte des connaissances pour le pilotage de la conception collaborative

Comme nous l'avons vu au paragraphe 2.2, c'est la compréhension d'une situation de conception qui permet de spécifier un environnement de conception. Cette description tient compte de l'expérience des acteurs sur des projets semblables, de leurs connaissances et de leur socialisation. Nous suggérons que la connaissance de vulgarisation, venant des autres membres du groupe ou distribuée aux autres acteurs du projet, soit aussi intégrée dans une description générale des ressources humaines. Ainsi, après capitalisation de beaucoup de projets, il sera possible de fournir un environnement de conception adapté, regroupant les informations nécessaires à la création d'une culture commune et d'un langage commun pour chaque expertise représentée dans le projet. Ces informations permettront de favoriser la collaboration entre les acteurs.

Sachant qu'une situation de conception est définie par (Robin *et al.*, 2004) :

- le produit, sa nature, sa complexité, son état dans le processus et ses interfaces,
- le processus et en particulier l'approche de conception, le type de conception (routinière, innovante ou créative),
- les ressources matérielles et financières (locaux commerciaux, ordinateurs, budget...),
- les contraintes de l'entreprise et en particulier les contraintes liées à son environnement.

Nous proposons donc d'enrichir cette description avec des caractéristiques liées aux connaissances :

- les acteurs et en particulier leur rôle et leur implication dans le processus de conception. Leur expérience sur des projets semblables, leurs connaissances et leur socialisation sont à prendre en compte,
- les connaissances de vulgarisation, de savoir-être et de synergie qui aideront le chef de projet à choisir une forme de collaboration adaptée et aideront les acteurs à communiquer et à collaborer.

Pour aller encore plus loin dans la définition d'une situation de conception, il est important de considérer le type de situation collaborative au sein de laquelle les échanges de connaissances auront lieu. La section suivante présente une classification des situations de travail collectif en conception de produits.

4.2 Ontologie des situations collaboratives

Même si parfois un processus nominal de conception collaborative peut être défini, il n'en demeure pas moins, qu'en général, le processus de conception collaborative n'est pas prescrit mais construit. Ainsi, pendant un travail de collaboration, les tâches des concepteurs se définissent progressivement et leurs résultats doivent être convergents pour satisfaire aux objectifs. Ces objectifs pouvant être revus pendant le déroulement du projet, la compréhension du processus de collaboration est nécessaire pour agir rapidement et efficacement aux changements. Rose (Rose *et al.*, 2003) a montré que, pendant la collaboration, trois activités de collaboration pouvaient être identifiées : prise de décision en collaboration, information en collaboration et gestion des conflits pendant la collaboration. L'efficacité de l'activité de collaboration dépend des possibilités qu'à l'acteur pour collaborer. Ainsi, il est nécessaire de pouvoir analyser l'évolution de la situation en fonction de l'évolution des objectifs et du contexte de la conception. Girard a montré qu'il était possible d'encourager le travail collaboratif en proposant un contexte de collaboration adapté aux acteurs (Girard *et al.*, 2003) (Figure 5).

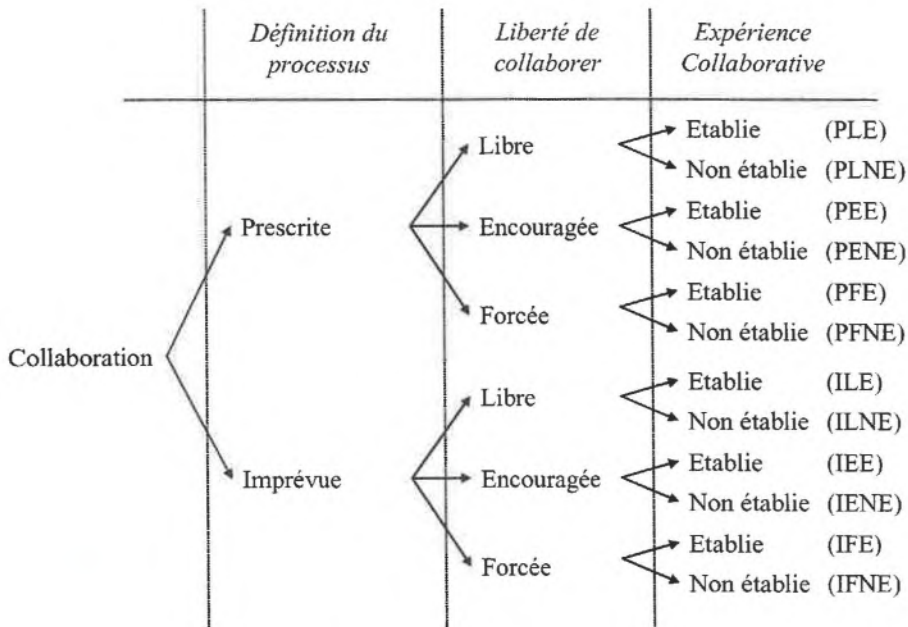


Figure 5. Ontologie des situations collaboratives

L'ontologie de Girard permet d'évaluer le travail collaboratif en fonction de la définition de l'activité, de la liberté de collaborer et de l'expérience collaborative des acteurs. Ainsi, le chef de projet identifie sur quelles caractéristiques il peut agir pour favoriser la collaboration afin de satisfaire les objectifs. Chaque type de collaboration de cette ontologie décrit une situation collaborative spécifique et permettra de mettre en évidence des connaissances partagées et des échanges particuliers. Cette mise en évidence sera rendue possible par la mise en place d'un système d'indicateurs de performance adapté.

4.3 Exemple d'indicateurs de performance pour le pilotage

Comme nous l'avons souligné précédemment, c'est en se focalisant sur les acteurs et sur leurs connaissances de vulgarisation, de savoir-être et de synergie qu'un environnement de conception adapté pourra être mis en place. Pour ce faire, l'évaluation doit permettre de mettre en évidence et de suivre les interactions entre l'acteur et son contexte de travail. Ces interactions influencent les décisions des acteurs et sont donc des inducteurs d'action au cours du processus de conception. Il est alors possible de piloter le processus grâce à ces inducteurs. Il existe un grand nombre d'indicateurs de performance et d'outils logiciels fournissant des solutions complètes capables de proposer, calculer, piloter et capitaliser des indicateurs de performance basés sur les facteurs clef de l'entreprise. Ces indicateurs sont généralement basés sur le triptyque Coût/Qualité/Délais mais n'intègrent pas ou peu les aspects qui concernent la collaboration entre les acteurs impliqués dans le projet (De Haas et Kleingeld, 1999). Ainsi, nous proposons un certain nombre d'indicateurs de performance (Table 1), spécifiquement dédiés à

l'évaluation de la collaboration entre les acteurs dans des situations identifiées dans l'ontologie proposée par Girard (Figure 5).

Type d'interaction	Objectifs	Leviers d'action	Indicateurs de performance	
Acteur / Artefact	Satisfaire les besoins, définir le produit, réduire la complexité, réduire les coûts, respecter la qualité demandée,...	Connaissance produit, structure produit, système d'information,...	Méthodes de conception, maturité des données, données produit partagées,...	
Acteur / Acteur	Faciliter le travail, collaborer, échanger des données,...	Procédure pour collaborer, définition des activités, interface de collaboration,...	PLE, PLNE, PEE, PENE, PFE, PFNE.	Carte du réseau d'acteurs (liaisons entre acteurs, ressources mises en œuvre, liens entre les activités, connaissances partagées)
				Habilité à maintenir la dynamique du groupe
				Habilité à créer des relations et à partager des connaissances avec des experts extérieurs
				Nombre de lien "utilisés", nombre d'itérations, nombre de mails échangés
Acteur / Groupe	Coordonner le travail, définir le projet, respecter les délais, innover,...	Mécanismes de coordination, mécanismes de management des groupes de travail,...	ILE, ILNE, IEE, IENE, IFE, IFNE.	Qualité des échanges
				Pertinence du choix des acteurs
				Nombre de lien créés, nombre d'itérations, nombre de mails échangés
				Temps de création du réseau
Groupe / Environnement	Augmenter les compétences des acteurs, utiliser des ressources internes ou externes,...	Standardisation, plan stratégique, organisation structurelle,...	Toutes les formes de collaboration	Externalisation des résultats et réutilisation de solutions déjà existantes - Partage des connaissances
				Habilité à créer des relations et à partager des connaissances avec des experts extérieurs
				Habilité à créer la dynamique du groupe
				Qualité des échanges
				Pertinence du choix des acteurs
				Partage des connaissances et échanges avec d'autres groupes, adaptation aux évolutions du système

Table 1. Indicateurs de performance dédiés à chaque situation collaborative

5. Conclusion

La conception de produits implique aujourd'hui des interactions entre les divers acteurs impliqués dans le projet. Le partage des expertises, des connaissances et des savoir-faire rend complexe la compréhension et le pilotage des projets de conception. Il est nécessaire, à des fins de réutilisation, de capitaliser les informations, les connaissances échangées entre les acteurs, le processus de conception en portant une attention particulière sur l'organisation mise en place pour satisfaire les objectifs (Haque et James-Moore, 2004). L'organisation doit intégrer des aspects centrés sur les acteurs afin d'être réactive et efficace, et des outils logiciels doivent être proposés aux entreprises. Cet article présente un ensemble de concepts et un cadre de développement d'un tel outil d'aide au pilotage des processus collaboratifs de conception. Ainsi, nous proposons la mise en place et le suivi des environnements de conception en focalisant notre étude sur l'acteur et sur les interactions qu'il peut avoir avec le contexte au sein duquel se déroulent ses activités. Les concepts décrits dans cet article ont été développés dans le cadre du projet IPPOP (« Intégration Produit Processus et Organisation pour l'amélioration de la

Performance en conception »). Ce projet est soutenu par le gouvernement français par le biais des programmes du RNTL (Réseau National des Technologies Logicielles). Site internet IPPOP : <http://www.opencascade.org/IPPOP>.

6. Bibliographie

- Chiu M. L., 2003, "Design moves in situated design with case-based reasoning". *Design Studies*, Vol. 24, pp.1-25.
- De Haas M., Kleingeld A., 1999, "Multilevel design of performance measurement systems: enhancing strategic dialogue throughout the organization". *Management Accounting Research*, Vol. 10, 233-261.
- Eder W.E., 2003, "A typology of designs and designing". *International Conference on Engineering Design, ICED 03, Stockholm*.
- Gero J.S., 1998, "An approach to the analysis of design protocols". *Design Studies*, Vol. 19/1, pp.21-61.
- Girard Ph., Merlo C. et Doumeings G., 2002, "Approche de la performance en conduite de l'ingénierie de la conception". 4th *International Conference on Integrated Design and Manufacturing in Mechanical Engineering, IDMME02, Clermont-Ferrand*.
- Girard Ph., Robin V. et Barandiaran D., 2003, "Analysis of collaboration for design coordination". 10th *ISPE International Conference on Concurrent Engineering: Research and Applications, CE'03, Madeira*.
- Girard Ph., Doumeings G., 2004, "Modelling of the engineering design system to improve performance". *International Journal of Computers & Industrial Engineering*, Vol. 46/1, pp.43-67.
- Haque B., James-Moore M., 2004, "Applying Lean Thinking to new product introduction". *Journal of Engineering Design*, Vol. 15/1, pp.1-32.
- Love T., 2000, "Philosophy of design: a meta-theoretical structure for design theory". *Design Studies* 21/3.
- Midler, C., 1998, "L'auto qui n'existait pas". 2^{de} édition, Dunod.
- Mintzberg H., 1989, "Le management : voyage au centre des organisations". Les Editions d'Organisation.
- Nonaka I., H. Takeuchi, 1995, "The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation". Oxford University Press, Oxford.
- Robin V., Girard Ph. et Barandiaran D., 2004, "A model of design environments to support collaborative design management". 5th *International Conference on Integrated Design and Manufacturing in Mechanical Engineering, IDMME04, Bath*.
- Rose B., Gzara L. et Lombard L., 2003, "Towards a formalization of collaboration entities to manage conflicts appearing in cooperative product design". *CIRP Design Seminar "Methods and Tools for co-operative and integrated design", Grenoble*.
- Sénéchal O., Girard Ph., Tomala F. et Trentesaux D., 2003, "Le cycle de vie du système de production". *Evaluation de la performance des systèmes de production*. pp. 81-104, Hermès.
- Tichkiewitch S., 1994, "De la CFAO à la conception intégrée". *Revue internationale de CFAO et d'infographie*, n° 9/5.