



**HAL**  
open science

## Amélioration de la performance industrielle par l'ingénierie numérique

Joanna Daaboul, Yang Xu, Victor Vergara, Julien Le Duigou, Benjamin Chevallereau, Philippe Rauffet, Florent Laroche, Catherine M. da Cunha,  
Alain Bernard

► **To cite this version:**

Joanna Daaboul, Yang Xu, Victor Vergara, Julien Le Duigou, Benjamin Chevallereau, et al.. Amélioration de la performance industrielle par l'ingénierie numérique. 11ème Colloque National AIP-PRIMECA, Apr 2009, France. pp.CD Rom. hal-00391726

**HAL Id: hal-00391726**

**<https://hal.science/hal-00391726>**

Submitted on 4 Jun 2009

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## AMELIORATION DE LA PERFORMANCE INDUSTRIELLE PAR L'INGENIERIE NUMERIQUE

**Joanna Daaboul (1) , Yang Xu(1) , Victor Vergara (1) , Julien Le Duigou (1, 2) , Benjamin Chevallereau(1, 3) , Philippe Rauffet (1) , Florent Laroche (1) , Catherine da Cunha (1) , Alain Bernard (1)**

(1) Institut de Recherche en Communications et en Cybernétique de Nantes, IRCCyN - 1, rue de la Noë - BP 92  
101 - 44321 Nantes CEDEX 03 - Fax : 02 40 37 69 30

(2) CETIM-52, Avenue Félix Louat - 60300 Senlis

(3) BlueXML- 40 boulevard Jean Ingres - 44100 Nantes

### Résumé:

*Améliorer les performances des entreprises est un objectif que beaucoup cherchent à atteindre. Pour y arriver, il faut déjà être capable : de déterminer la meilleure structure pour l'entreprise, de formaliser son système d'information et de pouvoir maîtriser les processus liés à la chaîne de valeur et au cycle de vie des produits. A cela il faut ajouter la possibilité d'évaluer la performance, ce qui reste aujourd'hui une nécessité impérieuse afin de pouvoir proposer des plans de progrès et ainsi aider l'entreprise à évoluer tout en connaissant la route à suivre. Ceci passe par l'évaluation et la maîtrise du cycle de vie du capital immatériel de l'entreprise, la connaissance, qui constitue une ressource indispensable à la conduite pérenne des structures d'entreprises étendues. Ce papier apporte un éclairage basé sur l'expérience d'une équipe de recherche dont l'objectif scientifique est de proposer une solution cohérente à cette problématique Il permet de mieux investiguer les enjeux et les solutions déjà en place, ainsi que les projets supports aux expérimentations.*

**Mots clés: Performance industrielle, ingénierie numérique, plans de progrès, PLM, connaissance**

### 1 Contexte et problématique

Dans le contexte mondialisé où évoluent les entreprises, il est important de les aider à trouver le moyen de devenir plus agiles et reconfigurables, plus évolutives, tout en restant performantes et compétitives. C'est dans cet objectif que l'équipe IVGI (Ingénierie Virtuelle pour le Génie Industriel) de l'IRCCyN (Institut de Recherche en Communications et Cybernétique de Nantes, UMR CNRS 6597) a défini son projet scientifique pour les prochaines années. Ainsi, pour y arriver, l'équipe a décidé de mettre en place des thèses permettant l'investigation de concepts, modèles, méthodes et outils donnant lieu à des résultats partiels contribuant à l'objectif global d'amélioration de la performance industrielle. En appui de ces thèses, des projets ont également été mis en place afin de disposer de terrains d'expérimentation permettant d'évaluer la pertinence de l'intégration des résultats partiels pour des approches plus globales, comme la production de chaussures personnalisées à l'échelle mondiale. Au préalable, il est important de justifier le contenu des travaux menés. Afin d'améliorer les performances industrielles, il est tout d'abord capital de définir l'organisation la plus appropriée en fonction du contexte économique et industriel concerné. Ensuite, la performance est également liée à la définition et à la dynamique du système d'information utilisé, au travers d'applications adaptées au besoin des utilisateurs. Le suivi des processus, des produits, des ressources mobilisées et consommées au cœur d'un contexte caractérisé par des contraintes et effets externes, tout ceci justifie la nécessité d'œuvrer afin que les entreprises, aujourd'hui le plus souvent étendues à des

PME, puissent trouver un contexte de performance adéquat. Pour cela, il est proposé une approche d'évaluation et de suivi des performances, au travers de plans de progrès permettant d'améliorer le pilotage des capacités organisationnelles. Ceci amène également à analyser de manière systématique et à structurer des modèles pertinents à partir d'évaluations effectives au cœur des entreprises elles-mêmes. La mise en place d'outils de PLM spécifiques constitue une réponse partielle à ce problème. Maîtriser le capital immatériel de l'entreprise est aussi un élément clef. La caractérisation, la modélisation, la gestion des connaissances est un sujet transversal à l'ensemble des points précédents, compte-tenu de la nécessité de formaliser des modèles et méthodes pertinentes par rapport au contexte de l'entreprise étendue, tant par rapport à son savoir-faire technique qu'à sa pratique organisationnelle. Le concept de valeur, de manière générale, mais aussi pour ce qui est de la connaissance, constitue un point crucial pour apporter une grandeur de quantification et d'évaluation des éléments mis en place par rapport à des situations connues et d'autres souhaitées.

En résumé, les facteurs influant sur la performance de la chaîne de valeur en entreprise étendue sont essentiellement :

- la structure de son organisation, son niveau d'intégration et les modes de coopération choisis,
- le choix des outils métiers et de leur mise en œuvre en appui sur un système de PLM adapté,
- la définition des fragments clefs de connaissance et la caractérisation de leur valeur en lien avec la valeur ajoutée et la performance au sein des processus de la chaîne de valeur de l'entreprise étendue,
- la structure et la qualité de son système d'information, système construit à partir d'un contenu d'objets métiers et de processus de communication
- la mise en place de méthodes d'analyse de la performance et de plans de progrès adaptés aux niveaux de performance visés, ceci par le pilotage des capacités organisationnelles et l'adaptation du niveau de maturité des fragments clefs de connaissance.

Ces cinq piliers, sur lesquels est basé le projet scientifique de l'équipe, caractérisent la maîtrise de la performance dans la chaîne de valeur en entreprise étendue. Ils vont être présentés dans la suite de cette communication au travers de travaux de thèses en cours. Leur mise en œuvre au sein du projet européen DOROTHY, objet de la dernière partie, permettra d'illustrer leur pertinence et le principe de leur mise en œuvre.

## 2 Choix d'une structure d'organisation

La performance d'un système est bien sûr fortement dépendante de ses choix structurels, qu'ils concernent l'organisation ou les infrastructures. Il s'agit donc de déterminer *ex-ante* les besoins et les contraintes de l'entreprise, pour établir un protocole de choix de la structure appropriée ainsi que la démarche pour atteindre cette structure. Dans le cas d'une entreprise intégrée à une supply chain, une question importante est de définir les limites de ses activités de production, c'est-à-dire, définir quelles activités seront effectuées en interne ou en externe. Il existe de nombreuses études à propos de la délimitation des frontières de l'entreprise, en général focalisées sur la décision de faire ou faire-faire [1]. Des risques et avantages potentiels ont été identifiés pour les deux configurations (production d'une source interne ou externe). Ainsi, la figure 1 montre la relation de cette décision avec le niveau de flexibilité et de contrôle sur le produit [2]. Nous pouvons dire que, en produisant en interne, il existe entre autre le risque de la perte de la flexibilité [3], la nécessité d'un plus grand investissement [4]. Tandis qu'avec l'externalisation les risques sont notamment la dépendance des sources externes, la perte de contrôle sur le produit, la perte du savoir faire [5].

Deux formes courantes d'organisation, basées sur une intégration verticale ou une intégration virtuelle, ont des avantages et des inconvénients. On doit considérer un nombre significatif de paramètres pour mesurer les risques et les avantages implicites de chaque type d'organisation. Une décision ne peut être prise qu'après que toutes les évaluations ont eu lieu. En fonction des différents types d'intégration envisagés, différents critères sont ainsi évalués, en particulier les aspects

économiques au travers par exemple d'un critère d'interchangeabilité des composants d'un produit suivant les modes de production ou d'approvisionnement. Nos recherches ont permis d'identifier les paramètres pertinents et d'établir une métrique d'évaluation de performance. Ceci est basé sur des indicateurs qui servent à l'évaluation de la pertinence et de la faisabilité éventuelle d'une forme intégration.

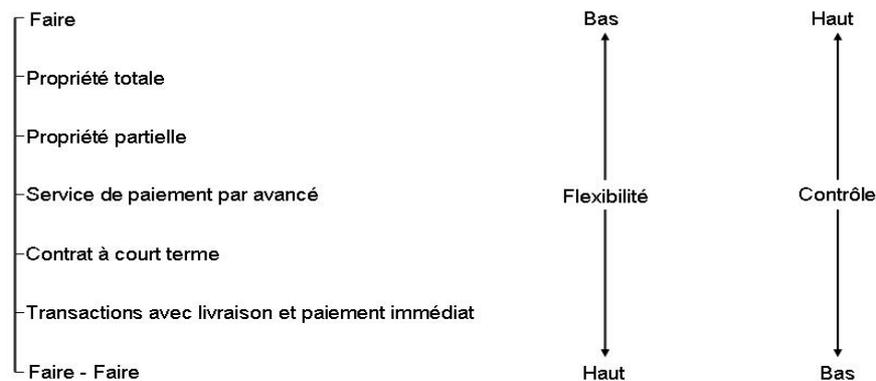


Figure 1 La décision de faire ou faire-faire par rapport à la flexibilité et au contrôle.

### 3 Un système PLM générique support aux processus d'entreprises étendues pour la maîtrise du cycle de vie des produits

L'organisation est construite sur un savoir-faire et des compétences qui sont centrés sur la mise en œuvre de connaissances métiers. L'efficacité industrielle passe aujourd'hui par une utilisation généralisée d'outils informatisés, si possible liés entre eux par ou via des systèmes PLM qui assurent la continuité et la cohérence des évolutions des modèles manipulés. Sur cette base, l'ingénierie numérique prend une place de plus en plus importante dans la stratégie des entreprises, notamment durant les phases de conception et de production. Mais cette évolution entraîne la nécessité de maîtriser les méthodes et modèles liés à ces outils (CAO, FAO, PDM...). Or les PME, en particulier celles du domaine de la Mécanique, malgré l'intérêt qu'elles manifestent pour de tels outils, ne franchissent pas massivement le pas du numérique [20]. Ceci est principalement dû au fait que l'achat et la configuration d'un PLM leur paraissent disproportionnés vis-à-vis de leur besoin. Fort de ce constat, il apparaît important de comprendre leur besoin et de le formaliser. Afin d'y contribuer efficacement, nous nous sommes intéressés à une entreprise étendue intégrant des PME et nous avons mis en place une démarche inductive d'analyse de leurs besoins de type bottom-up en trois étapes. Tout d'abord une phase d'immersion en entreprises a été réalisée afin d'analyser les besoins spécifiques de ces PME, de mettre en place des méthodes et des outils répondant à ces besoins et de valider leur intérêt. Une seconde phase de généralisation des différentes analyses, modélisations et applications réalisées, permettra d'obtenir une approche générique tendant à répondre aux besoins plus spécifiques des PME mécaniciennes. Enfin une phase de validation consistant à tester l'approche générique dans une entreprise étendue impliquant ces PME permettra d'affiner et de valider les méthodes, outils et modèles proposés. Afin d'obtenir une approche générique répondant au besoin de l'ensemble de ces entreprises, une typologie a été créée. Cette typologie distingue trois types d'entreprises : les assembleurs, les équipementiers et les fabricants de pièces primaires. Une entreprise de chacun de ces trois types a été choisie comme entreprise pilote. Chaque cas d'étude se décompose en trois phases : un audit permettant la sélection des principaux besoins de l'entreprise en termes de PLM ; l'intégration d'une méthode, d'un modèle et d'un outil répondant aux besoins ; et enfin l'analyse et l'extraction de la part générique de chaque cas d'étude. L'étude du type « assembleur » a été réalisée chez SMP, un fabricant de centres d'affûtages, où nous avons contribué à l'amélioration de la gestion des nomenclatures notamment en liant dynamiquement les nomenclatures issues de la CAO à celles de l'ERP. L'étude du type « équipementier » a eu lieu chez PSL Concept, un fabricant d'accastillage pour voilier, où fut mise en place une automatisation de la conception d'une famille de produits basée sur les fonctions. Enfin, l'étude du type « fabricant de pièces primaires » a été effectuée

chez Capricorn, un fabricant de vilebrequins, où fut intégré un outil d'aide à la génération de gamme assisté par ordinateur [21]. A partir de l'extraction des différents objets, attributs et liens utilisés lors des cas d'études, il a été proposé d'intégrer les trois modèles spécifiques afin d'obtenir un unique méta-modèle Produit Processus Ressource Organisation (Figure 2). Ceci ne constitue qu'une étape vers la définition d'un méta-modèle permettant de spécifier les besoins représentatifs d'un contexte d'intégration de PME en entreprise étendue. Ce méta-modèle sera cohérent avec l'expression des besoins métiers tels qu'exprimés par les entreprises et tels qu'explicités à partir d'expertises et d'audits de retours d'expériences liés à l'usage de PLM industriels. Les besoins d'interopérabilité en entreprise étendue seront également intégrés. Il faut en effet souligner l'intérêt de cette approche en vue de préparer des scénarios d'intégration dynamique de PME au sein d'entreprises virtuelles, et ceci d'autant plus au niveau mondial.

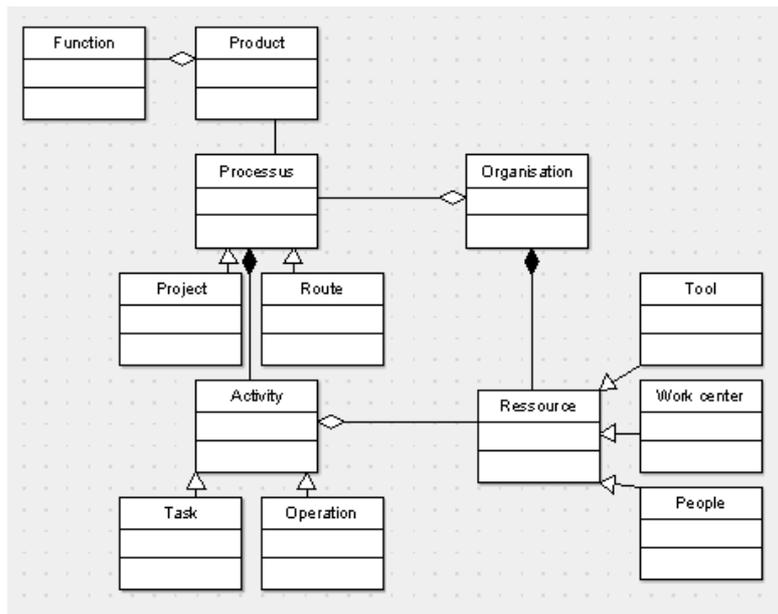


Figure 2 : méta-modèle PPRO simplifié

La mise en perspective de ce méta-modèle avec les standards et les modèles existants, puis l'implémentation de ce modèle dans un prototype et son déploiement dans le cadre d'une entreprise étendue permettront l'expérimentation opérationnelle, l'amélioration et la validation de cette approche.

#### 4 Un indicateur du potentiel et du capital immatériel des entreprises : la valeur de la connaissance

Les organisations d'entreprise sont donc structurées en fonction de leur stratégie et leur système d'information nécessite d'être fondé sur un modèle pertinent et structurant pour les processus de communication. Mais ceci ne suffit pas en l'état. Il est nécessaire d'analyser le contenu de l'information afin de pouvoir faire que les acteurs métier puissent accéder à des fragments de connaissances fondamentaux vis-à-vis de l'efficacité des processus qu'ils mettent en jeu. Ces processus, qu'ils soient de décision ou d'action, nécessitent donc de mobiliser des connaissances. La valeur de ces connaissances est un facteur clef pour assurer de la qualité globale des résultats et pour minimiser les risques tant industriels que financiers. Aussi, une question cruciale réside dans la gestion des connaissances au service des activités de l'entreprise. De plus, l'intégration des différentes connaissances entre elles au long de leur mobilisation au sein des processus d'entreprise, doit être rendue effective grâce à la création d'une interface efficace entre elles. Un des facteurs clefs réside dans le niveau de maturité de ces connaissances. La modélisation appropriée sur la maturité de la connaissance peut servir d'indicateur de conduite et d'évaluation, et aider à l'évolution de la valeur ajoutée et de la connaissance elle-même. Il est noté en effet que la connaissance qui n'est pas mobilisée ne se développe pas et devient désuète [22], ainsi il est important de caractériser le flux de la

connaissance au long desquels des états de maturité de la connaissance pourraient être mentionnés. Littéralement, la maturité désigne l'état d'être prêt pour la reproduction, ainsi dans notre contexte, la maturité de la connaissance veut dire qu'elle est prête à se déplacer à la prochaine étape. Ainsi, la maturité de la connaissance est décrite comme  $M=(K,C)$ , où  $K$  est une connaissance donnée et  $C$  est son contexte. Le contexte de la connaissance est le produit cartésien de trois ensembles, l'ensemble d'acteurs ( $A$ ), du statut de la connaissance ( $KS$ ) et du cycle de vie du produit ( $PL$ ), et on le note comme  $C=A \times KS \times PL$ . Une telle caractérisation de maturité de la connaissance est plus pratique que la montée linéaire de CMM (Capability Maturity Model) (Figure 3) [23] et plus appropriée pour la production industrielle que d'autres modèles de maturité de la connaissance hérités de CMM [24][25].

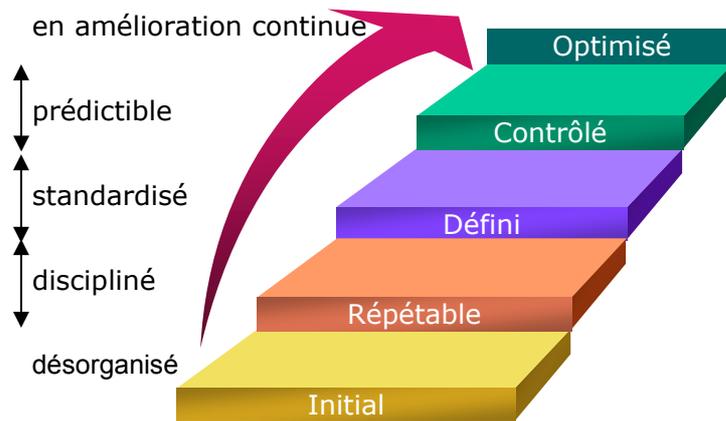


Figure 3 : Les échelons du CMM [23]

Comme proposé précédemment, le concept de maturité peut donc s'appliquer à la connaissance comme élément essentiel pour l'aide à la conduite des processus d'entreprise. Le principe de définition et de mise en œuvre du concept de KMM (Knowledge Maturity Model) est montré sur la Figure 4.

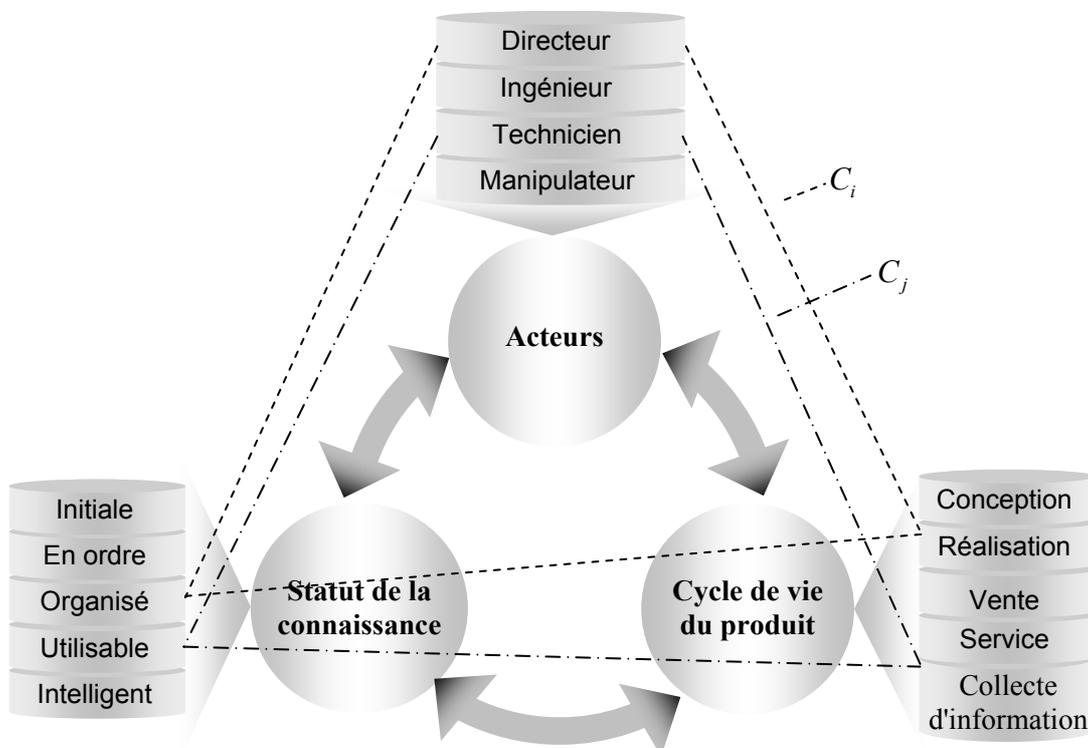


Figure 4 : Le contexte de la maturité de la connaissance

L'intérêt en est que grâce à la mise en relation du contexte défini par les acteurs, le statut de la connaissance et les étapes du cycle de vie du produit, on dispose ainsi d'un référentiel qui permet de mieux caractériser et donc de mieux évaluer la pertinence et la valeur de la connaissance en contexte. L'enrichissement sémantique de cette caractérisation ne constitue qu'un point de départ à la mise en œuvre complète du cycle de vie de la connaissance elle-même. Ce dernier point fait également l'objet de nos futures recherches, en mettant en parallèle la gestion conjointe du cycle de vie des produits, des technologies, de l'organisation et de la connaissance. Un tel système devrait aider à améliorer la performance globale à court et à plus long terme grâce à une mise en relation effective en contexte entre la valeur ajoutée et la maturité de la connaissance.

## 5 Définition du système d'information

Une fois l'organisation, ses besoins métiers et les fragments de connaissance caractérisés, les problèmes liés à la mise en place et à la configuration du système d'information deviennent des facteurs clés de performance et de succès. En effet, les organisations actuelles se structurent et agissent en s'appuyant sur leur système d'information (SI). Celui-ci est considéré comme un levier d'action intéressant pour augmenter la performance globale de ces organisations [6] [7]. Le principal problème est que la majeure partie des clients reste très critique par rapport à leur SI. Une définition correcte d'un SI utilisé pour diffuser correctement de l'information entre les différents acteurs est un défi [8] malaisé à surmonter en raison de la difficulté à produire un cahier des charges suffisamment détaillé pour les opérationnels et interprétable par les spécialistes des SI. Une parfaite connaissance du secteur d'activité dans lequel le SI sera utilisé est, évidemment, importante. Malheureusement, cette connaissance n'est pas suffisante. Il est nécessaire de comprendre les objectifs à court terme mais aussi à long terme de l'entreprise, son organisation, ses perspectives d'évolution (acquisition, fusion, scission...), ses problèmes actuels mais aussi futurs, son SI existant mais aussi son objectif de SI... Il est donc important de faire intervenir l'ensemble des ressources concernées dans l'entreprise pour définir le besoin réel afin de supporter correctement ses activités [9]. Le SI ne doit pas être considéré par les organisations, et principalement ses acteurs, comme un obstacle ou une contrainte. Un SI n'est pas simplement un système technique de traitement d'information, il mobilise avant tout un système social, des acteurs munis de compétences, selon des normes organisationnelles et éventuellement techniques. Notre proposition vise à surmonter cet obstacle en organisant l'expression des besoins dans un langage commun aux opérationnels et aux experts techniques. Ce langage est structuré à base (Figure 5) : d'objectifs [10] (les activités supportées par le futur outil), d'agents (les utilisateurs chargés d'atteindre les objectifs) et d'entités (la définition des concepts métier). Ce langage est, ensuite, encapsulé dans un modèleur accessible à travers un navigateur internet traditionnel tel que Firefox© afin d'améliorer la communication entre les différents participants. De plus, ce modèleur intègre un ensemble d'interprétations permettant de valider cette expression du besoin par les différents participants en s'appuyant sur l'ingénierie des modèles [11]. Aujourd'hui, cet ensemble n'est sans doute pas complet et doit être expérimenté sur un nombre significatif de cas pratiques. De la même manière, le formalisme proposé doit être instancié dans le cadre de ces cas d'étude afin de vérifier sa pertinence et son utilisabilité.

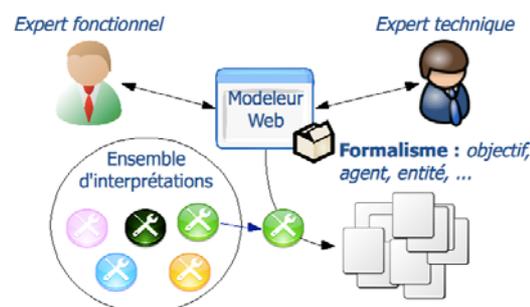


Figure 5: Schéma global permettant une conception collaborative d'un SI

## 6 Une méthode pour l'évaluation et l'amélioration de la performance opérationnelle

Lorsque les choix structurels ont été pris, il faut piloter l'évolution de l'organisation afin d'assurer le suivi de niveau de performance. Cette maîtrise du progrès s'appuie sur une gestion pertinente des ressources, connaissances et compétences. Le cœur de cette gestion doit s'appuyer sur la maîtrise des processus, sur la modélisation des produits et sur un pilotage pertinent des ressources (capacités organisationnelles). En effet, pour faire face à un environnement complexe et concurrentiel, les organisations actuelles se dotent de structures dynamiques qui évoluent de manière régulière pour s'adapter à des projets internes (e.g. centralisation des achats, refonte du système d'information) ou externes (e.g. l'acquisition ou la cession d'un site de production). Cependant, si ces reconfigurations visent à créer des avantages compétitifs et à assurer la pérennité de l'organisation, elles peuvent paradoxalement provoquer des problèmes de performance. Ainsi, ces changements entraînent parfois des pertes de connaissances et de compétences (dues au départ des employés ou à la cession de certaines activités), accroissent l'hétérogénéité organisationnelle [12] et rendent difficile le maintien de l'excellence opérationnelle (les pratiques employées par les différents sites ne sont pas les mêmes, ce qui induit des différences dans la qualité des produits et des services). Afin de maintenir et améliorer leur performance, les organisations doivent donc devenir "apprenantes" [13], et se concentrer sur leur "potentiels de réalisation" [14]. Ce concept d'organisation apprenante est également mis en exergue par Kaplan et Norton [15], qui lui consacrent le quatrième axe de leur tableau de bord prospectif (Balanced Score Card), destiné au développement et à la capacité d'adaptation des entreprises. Afin d'atteindre les objectifs attendus, il est nécessaire d'instaurer un processus d'apprentissage organisationnel, pour capitaliser et démocratiser les bonnes pratiques observées sur certains sites, ou pour déployer de nouveaux standards de travail sur l'ensemble de l'organisation.

L'approche proposée dans nos travaux repose sur la conduite et la mesure du progrès des capacités organisationnelles. D'après Fall [16] et Saint-Amant [17], ces capacités sont définies comme un "savoir-agir, un potentiel d'action qui résulte de la combinaison et de la coordination d'un ensemble de leviers d'action (i.e. des ressources, des connaissances et des compétences), et qui peuvent ensuite être actionnées au travers du flux de valeur de l'organisation pour atteindre un objectif déterminé". De plus, comme l'explique la propriété de "la dépendance du sentier" [18], les capacités sont le produit d'un apprentissage progressif et dynamique. Pour gérer la maturation de ces capacités et leur acquisition par l'ensemble de l'organisation, un modèle d'apprentissage a été créé [19]. Il permet de décrire précisément et de manière unique une capacité, en exigences et en livrables compréhensibles et mesurables, sous la forme matricielle de roadmaps (Figure 6). Cette modélisation se base sur de meilleures pratiques observées ou sur de nouvelles solutions proposées par les experts métiers. Les roadmaps sont ensuite déployées sur les sites que l'on veut faire progresser, puis auto-évaluées par les responsables opérationnels qui les mettent en œuvre. Les mesures sont utilisées pour l'évaluation du progrès opérationnel réalisé par les sites. De plus, elles nourrissent un système de consolidation qui compare ce progrès entre les différents sites. Cela donne ainsi une vision de l'hétérogénéité organisationnelle et permet d'adapter le modèle d'apprentissage selon les écarts constatés.

Aujourd'hui, cette approche est adoptée par le groupe Valeo et par le Conseil Général du Vaucluse. Un retour d'expérience dans ces deux organisations a cependant permis de constater certains problèmes, notamment dans l'animation et l'adaptation des roadmaps. Il faut donc proposer des solutions pour ajuster ces roadmaps d'apprentissage, parfois trop éloignées du contexte de certains sites. Dans ce cadre, le projet ANR Pilot2.0 a vu le jour, et des travaux sont actuellement menés sur le diagnostic des sites ou des roadmaps qui posent problèmes (en étudiant les résultats et les comparaisons des autoévaluations), ainsi que sur les moyens d'inciter les opérationnels à co-concevoir les roadmaps avec les experts métiers. D'autre part, la création d'un modèle générique d'apprentissage organisationnel et de ses mécanismes est en cours, afin de généraliser l'approche et de l'implémenter sur d'autres organisations.

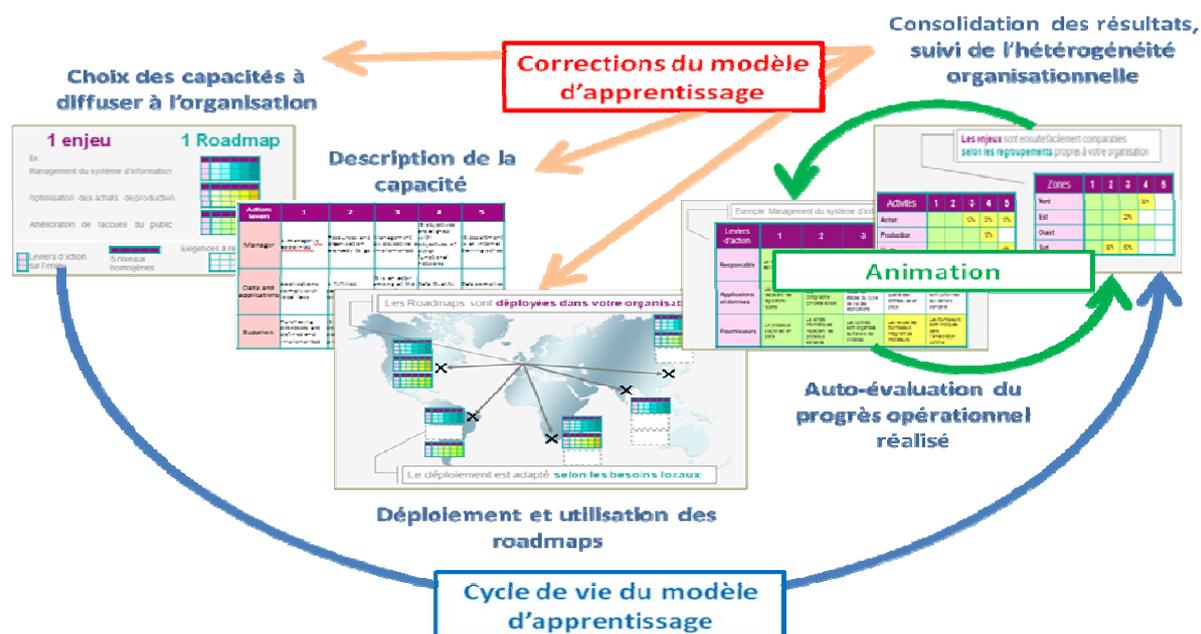


Figure 6 : Cycle de vie et mécanisme du modèle d'apprentissage organisationnel

## 7 Le projet DOROTHY

Tous les apports évoqués précédemment, constituant la base de notre projet scientifique des prochaines années, s'avèrent constituer des briques essentielles à notre contribution à un projet européen (DOROTHY). Ce projet Européen regroupe différents partenaires industriels comme Hugo Boss, Alpina, Decathlon, Inspire et plusieurs partenaires académiques (<http://dorothy.ttsnetwork.net>). Il nous donne le contexte idéal à une expérimentation en vraie grandeur des concepts, modèles, méthodes et outils présentés précédemment. Il nous permet de fédérer l'équipe et de disposer d'un cas représentatif d'une entreprise étendue et d'un processus complet du client au client dans un contexte de globalisation des marchés pour des acteurs concepteurs, fabricants et distributeurs de produits personnalisés (des chaussures et des meubles dans DOROTHY).

Ce projet a comme but de produire intelligemment et à l'échelle planétaire des chaussures dont le design est initialisé par le client qui se trouve n'importe où dans le monde. Le client entre dans le magasin DOROTHY et effectue le design de sa chaussure qui sera fabriquée par une organisation internationale et multi-site. Dans ce contexte, la chaussure sera fabriquée en tenant compte des dimensions des pieds du client mesurées via un scanner [33]. Le concept général de DOROTHY est décrit dans la figure 7.

Au vu des problèmes causés par la mondialisation de l'industrie, la réduction de la vie d'un produit, le besoin de se différencier et d'avoir un avantage compétitif, les organisations actuelles doivent appliquer des nouvelles stratégies comme la « mass customisation » [26][27] qui est définie en étant la capacité de produire des produits et services personnalisés, mais avec le coût de la mass production [28]. Dans ce cas le client aura ce qu'il souhaite avoir, quand il le souhaite, comme il le souhaite, et où il le souhaite sans devoir payer plus [29]. La mass customisation, si elle est bien appliquée, apporte plusieurs avantages comme une augmentation de la satisfaction du client, une meilleure compréhension du marché, une meilleure performance, et une élévation du gain [30][31][32]. D'un autre côté, elle cause une augmentation dans le coût du matériel, augmentation du stock nécessaire pour chacun des composants d'un produit, et une augmentation du temps mis pour répondre à un ordre [26]. Cette stratégie demande un environnement très dynamique et une coordination entre les différents acteurs d'une supply chain. En plus elle nécessite l'existence d'un système d'information très avancé et d'un système de production très agile et flexible [31]. Cette stratégie sera appliquée sur le projet DOROTHY.



Figure 7 : Concept Général de DOROTHY [33]

Afin d'atteindre les buts de DOROTHY, un « business model » sera développé tout en prenant en compte les différentes contraintes induites par le type du produit, les capacités du système de production de l'entreprise, et par la nature du marché. Alors nous modéliserons la chaîne d'approvisionnement entière depuis la commande du client jusqu'à la livraison de l'objet personnalisé fabriqué, se concentrant sur le réseau d'approvisionnement, tout en définissant le rôle et les responsabilités de chaque partenaire.

De plus le système d'information sera configuré pour améliorer la circulation et la mise à disposition des informations, leur analyse, leur interprétation, et leur intégration dans la base de données de DOROTHY. A la fin, cette chaîne sera simulée pour les chaussures de mode, les chaussures de sport, et les meubles en bois, pour la valider et pour analyser sa performance en tant que gain financier, satisfaction du client, temps mis pour répondre à un ordre...

## 8 Intégration dans DOROTHY

### 8.1 Choix d'une structure

Pour le projet DOROTHY, le choix de la structure organisationnelle doit être abordé dans un cadre de design global dirigé par l'utilisateur (Figure 8) en tenant compte des capacités et des contraintes des partenaires. Il s'agit également de trouver une délimitation des activités centrales et des activités additionnelles [34]. Un aspect critique dans le projet DOROTHY est la diffusion d'information entre les différents acteurs. La principale difficulté dans cette diffusion est la diversité importante des acteurs mais également leur nature, leur organisation et leur culture en raison de la répartition géographique de ceux-ci. Chaque acteur consomme mais également produit un ensemble précis d'information. Ces différents flux doivent être précisés et seuls les participants à ces différents flux sont capables de définir leur nature, leur structure et leur contexte.

### 8.2 Maturité de l'information liée à la personnalisation de chaussures

Le client X propose sa chaussure de son choix, la chaussure Y, et  $K(Y)$  est la connaissance liée à Y. Au début,  $K(Y)$  est la proposition du client : « Je voudrais une paire de chaussures de tennis colorées pour la terre battue de Roland Garos », ainsi que d'autres informations comme la forme et la taille déduites du scanning, etc. Dans cette étape,  $K(Y)$  est à son état initial de maturité  $m_0$ :  $m(k(y), c_0)$ . Au final,  $K(Y)$  est le plan de production de la chaussure Y (y compris conception, processus de fabrication, livraison, etc.) et des instructions spécifiques, par exemple le matériau, la taille, la couleur, le budget, le délai de livraison, etc. Dans cette étape,  $K(Y)$  est à son état d'objet de maturité  $m_n$ :  $m(k(y), c_n)$ . L'intérêt de nos propositions dans ce domaine apportera une réponse sur le passage de  $m_0$  à  $m_n$ . L'atteinte, au moindre coût, de  $m_n$  à partir de  $m_0$  pourra notamment être piloté par une roadmap.

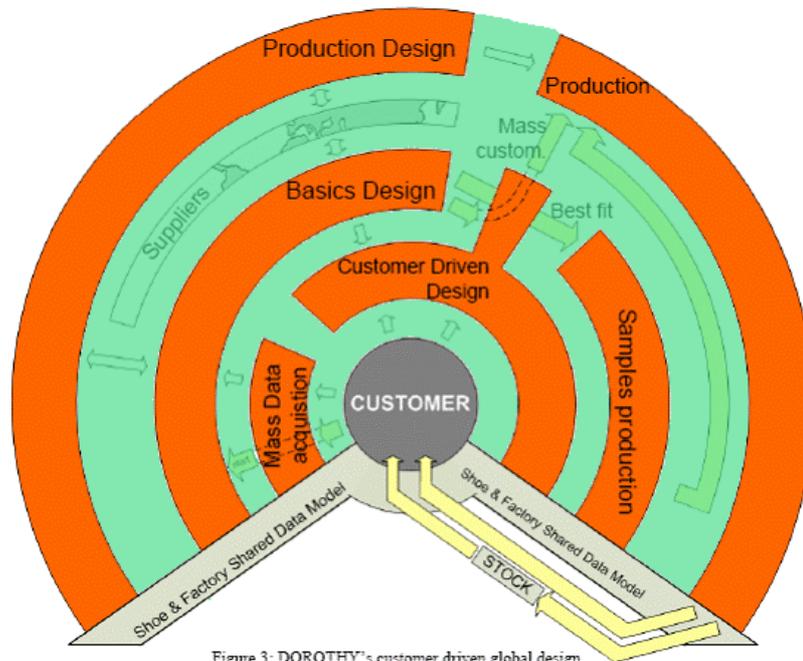


Figure 3: DOROTHY's customer driven global design.

Figure 8 : DOROTHY customer driven global design [33]

### 8.3 Maîtrise du progrès et nouvelles méthodes de travail

Le projet DOROTHY introduit de nouvelles méthodes de travail dans une organisation étendue. Dans ce cadre, le modèle dynamique d'apprentissage organisationnel permet donc de modéliser sous forme de roadmaps les capacités nécessaires à la mise en place d'outils de conception et de production spécifiques à la "personnalisation de masse" (Former les magasins à recueillir le besoin des clients, mettre en place et maintenir un système d'information apte à entrer les données sur les tailles des pieds et les préférence des clients, déployer les principes de l'agile manufacturing sur les sites de production, ...). D'autre part, le suivi des roadmaps à l'aide d'outils de mesure et de consolidation peut améliorer l'alignement des pratiques de l'ensemble des partenaires, et ainsi augmenter la qualité des produits fournis aux clients et la performance globale du consortium. Nos propositions sur le pilotage des capacités organisationnelles devraient s'avérer pertinentes pour mener à bien cela.

Le projet DOROTHY qui vise à introduire de nouvelles méthodes de travail dans une organisation étendue devrait également conforter la validation de notre approche PPRO. En effet, dans un contexte d'entreprise étendue avec une forte diversité des intervenants, il est intéressant de se doter d'un modèle générique standard afin de capitaliser et de partager l'ensemble des informations produites au cours du projet. De plus, les liens inhérents au modèle permettent, par exemple, de relier les contraintes fonctionnelles directement aux paramètres physiques du produit [35], ce qui permet la consolidation de l'information.

## 9 Conclusion et perspectives

Dans cette communication, nous avons proposé une approche structurée à partir de contributions complémentaires pour l'amélioration des performances des entreprises. Chacune des contributions devrait se concrétiser par une thèse de Doctorat d'ici quelques mois, un, deux ou trois ans. Chacune apporte une contribution significative dont la pertinence et l'efficacité pourront être montrées à la fois de manière individuelle par des expérimentations *ad hoc* mais également grâce au projet DOROTHY

qui constitue pour l'équipe un contexte idéal d'expérimentation du processus « du client au client » dans un cadre de « mass customisation » en appui sur une entreprise étendue à l'échelle mondiale. Nous espérons ainsi contribuer à faire progresser les concepts, modèles, méthodes et outils dans le domaine de l'aide à l'amélioration des performances des processus d'entreprise.

## 10 Références

- [1] R. GULATI, P.R. LAWRENCE, P. PURANAM. "Adaptation in Vertical Relationships: Beyond Incentive Conflict". *Strategic Management Journal*. Vol 26, No. 5, pp. 415-440. 2005.
- [2] H.S. HWANG, K.W. KO, MJ GOAN. "Web-based multi-attribute analysis model for make-or-buy decisions". *Mathematical and Computer Modeling Journal*. Vol. 46, No. 1, pp. 1081-1090. 2007.
- [3] S. GARCIA, M. MOREAUX, A. REYNAUD. "Measuring economies of vertical integration in network industries: An application to the water sector". *International Journal of Industrial Organization*. Vol. 25, No. 4, pp. 791-820. 2007.
- [4] S. BURAK, S. TAYYAR, K. ENGIN. "An Ahp model for the selection of partner companies. *International journal of advanced manufacturing technology*". Vol. 38, No. 3, pp. 367-376. 2007.
- [5] Y. DURHAM. "An experimental examination of double marginalization and vertical relationships". *Journal of Economic Behavior and Organization*. Vol. 42, No. 2, pp. 207-229. 2000.
- [6] A. JEUNEMAÎTRE, H. DUMEZ. "La concurrence en Europe : De nouvelles règles du jeu pour les entreprises", Édition Seuil, ISBN:2-02-012957-4 , 2001
- [7] B. GUYOT. "Eléments pour une approche informationnelle dans les organisations", *Sciences de la société*, No. 63, octobre 2004.
- [8] K. POHL. "Process-Centered Requirements Engineering", John Wiley & Sons, 1996.
- [9] T. JAVED, M. MAQSOOD, Q. DURRANI. "A study to investigate the impact of requirements instability on software defects", *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*, Vol., Mai 2004.
- [10] A. VAN LAMSWEERDE. "Goal-oriented requirements engineering: a roundtrip from research to practice", *Requirements Engineering Conference*, 2004.
- [11] S. KENT. "Model driven engineering", *Lecture Notes in Computer Science*, 2002.
- [12] B. VALLESPIR, V. CHAPURLAT, "Enterprise modelling and verification approach for characterizing and checking organizational interoperability", *ETFA*, 2007.
- [13] D. GARVIN, "Learning in action", *Harvard Business School Press*, 2000.
- [14] M. LEBAS, "Oui, il faut définir la performance", *revue française de comptabilité*, No 269, pp. 66-72, 1995.
- [15] R.S. KAPLAN, D.P. NORTON, "Measuring the strategic readiness of intangible assets". *Harvard Business Review*, Vol. 82, No. 2, pp. 52-63, 2004.
- [16] I. FALLS, "La capacité comme objet de gestion : genèse, mode d'emploi et enjeux à travers une expérience pionnière de mise en gestion systématique des capacités organisationnelles", *ACFAS – 4e rencontre*, 2008.
- [17] G. SAINT AMANT, "Développement des capacités organisationnelles : une démarche", 2003, <<http://services.gouv.qc.ca/fr/publications/enligne/guide/demarche.pdf>>, Dernier accès : 29/9/2008.
- [18] S.J. METCALFE, J. ANDREW, "Knowledge and capabilities: Resources, Technology and Strategy". Foss and Roberston, London and New York, 2000.
- [19] N. MONOMAKHOFF, F. BLANC, "La méthode 5Steps® : Pour déployer efficacement une stratégie", *AFNOR*, 2008.
- [20] Cetim, "Etude sur les besoins en PLM", Document interne, 2007.
- [21] J. LE DUIGOU, A. BERNARD, N. PERRY, J.C. DELPLACE, "Inductive approach for the specification of a generic PLM system in an extended enterprise context", *DET*, Nantes, 2008.

- [22] U.M. BORGHOFF, R. PARESCHI. "Information Technology for Knowledge Management". Journal of Universal Computer Science. Vol.3, No.8, 835-843, 1997.
- [23] Y. XU, A. BERNARD. "Knowledge maturity model: a key issue to production activities". Proceedings of IDMME 2008, Beijing, Octobre 2008.
- [24] T T. MARKOV. "A knowledge maturity model: an integration of problem framing, software design, and cognitive engineering". MSc Thesis. North Carolina State University, U.S.A., 2004.
- [25] H S ROBINSON, C J. ANUMBA, P M. CARILLO, A M. AL-GHASSANI. "STEPS: a knowledge management maturity roadmap for corporate sustainability", Business Process Management Journal, Vol.12, No.6, pp. 793-808, 2006. [1] P. Ahlstrom, R. Westbrook, Implications of mass customization for operations management : an explanatory survey, International Journal of Operations & Production Management, vol 19, No.3, MCB University Press , 1999, pp. 262-274
- [26] H. AIGBEDO. "An assessment of the effect of mass customization on suppliers' inventory levels in a JIT supply chain", European Journal of Operational Research, vol 181 No.2, pp. 704-715, 2006.
- [27] G. DA SILVEIRA, D. BORENSTEIN, F.S. FOGLIATTO. "Mass customization: literature review and research directions", International Journal of Production Economics, vol 72, No 1, pp. 1-13, 2001.
- [28] S.M. DAVIS. "Future Perfect". Addison-Wesley, Reading, MA, 1987
- [29] R. DURAY, P.T. WARD, G.W. MILLIGAN, W.L. BERRY, "Approaches to mass customization: configurations and empirical validation", Journal of Operations Management, vol 18, No 6, pp. 605-625, 2000.
- [30] P. AHLSTROMP. "Westbrook, Implications of mass customization for operations management : an explanatory survey", International Journal of Operations & Production Management, vol 19, No.3, pp. 262-274, 1999
- [31] R.S. SELLADURAI. "Mass customization in operations management: oxymoron or reality", OMEGA, vol 32, No 4, pp. 295-300, 2004.
- [32] F.S. FOGLIATTO, G. DA SILVEIRA, "Mass customization: a method for market segmentation and choice menu design", International Journal of Production Economics, vol 111, No. 2, pp. 606-622, 2007.
- [33] DOROTHY: Design Of customeR dRiven shOes and multi-siTe factory  
<https://web.ttsnetwork.net/dorothy/pages/index.jsp>
- [34] L.M. WANG, L.W. LIU, Y.D. WANG. "Capacity decisions and supply price games under flexibility of backward integration". International Journal of Production Economics. Vol. 110, No. 1-2, pp. 85-96. 2007.
- [35] J. LE DUIGOU, A. BERNARD, J.C. DELPLACE, S. GABRIEL "Global approach for product data management, application to ship equipment part families", Design CIRP Seminar, Enschede, 2008.