
APPORTS



L'objectif de cette partie est de faire la synthèse des apports de ces travaux de thèse, tant au travers de l'état de l'art scientifique et des pratiques industrielles, que par le truchement de nos expérimentations successives. Nous commençons par une présentation des apports expérimentaux, puis proposons une méthode agile de développement prescriptif d'un environnement de travail collaboratif amont, éprouvé lors de notre dernière expérimentation.

5.1 PRESENTATION DES APPORTS

Les apports de ce travail de thèse peuvent être classifiés en deux catégories distinctes : ceux liés à l'analyse de l'état de l'art scientifique, et ceux liés à nos études de terrain.

5.1.1 APPORTS LIES A L'ETAT DE L'ART SCIENTIFIQUE

Notre état de l'art scientifique nous permet de formaliser les quatre apports suivants :

- nous avons, suite à notre état de l'art, présenté les modèles de processus de conception de produit les plus courants ainsi que leurs domaines d'applications.
- afin de restreindre notre champ de recherche, nous avons défini clairement les limites de la conception amont.
- puis nous avons décrit les apports des NTIC aux pratiques collaboratives. Nous avons également pris des exemples de collaboration en conception de produits, en tenant compte de l'évolution des outils supports (groupware).
- enfin, nous avons défini le rôle des RI du produit dans la conception de produit ainsi que l'intégration des méthodes de développement agiles.

5.1.2 APPORTS LIES AUX ETUDES TERRAIN

Nos études sur le terrain, en lien avec nos deux partenaires industriels Verallia et Devanlay, nous permettent également de formaliser les six apports suivants :

- tout d'abord nous avons, par ces études, formalisé dans le détail le processus de conception de deux produits différents : un produit verrier et un produit textile.
- nous avons ensuite analysé, à la lumière de notre état de l'art, les frontières de la conception amont pour chacun de ces produits.

- nos entretiens nous ont permis de synthétiser des voies d'amélioration de l'environnement existant.
- nous avons ensuite pu mettre en œuvre une méthode de développement adaptée au domaine du textile, jusqu'à la validation par les utilisateurs finaux.
- nous avons pu également quantifier nos apports grâce à la définition de métriques adaptées au cas d'étude concerné.
- enfin, notre principal apport réside dans la méthode agile de définition d'un environnement de travail collaboratif que nous présentons dans le chapitre suivant.

L'ensemble de ces apports, ainsi que les expérimentations réalisées, nous permettent de proposer un modèle à destination des entreprises afin de développer un environnement collaboratif amont. Nous allons, dans le chapitre suivant, présenter le concept à la source de ce modèle, puis les apports de ce modèle et nous le positionnerons par rapport à l'existant. Enfin, nous verrons comment l'exploiter.

5.2 SPECIFICATION D'UNE METHODE AGILE DE DEVELOPPEMENT PRESCRIPTIF D'UN ENVIRONNEMENT DE TRAVAIL COLLABORATIF AMONT CENTRE SUR LES RI PRENANT EN COMPTE LES CONTRAINTES METIERS

5.2.1 GENESE DU MODELE

Nous avons, au cours de ces travaux de thèse, défini une démarche à deux niveaux différents afin de répondre à notre problématique de recherche. Tout d'abord une réflexion sur la méthode à suivre afin de proposer un modèle de définition d'un environnement collaboratif amont (niveau "Modèle"). C'est le modèle de plus haut niveau de nos travaux. Ensuite un protocole opérationnel afin de mener à bien les actions nécessaires à la réalisation et à l'optimisation d'un environnement collaboratif amont (niveau "Outil"). C'est le modèle pratique, à suivre sur le terrain dans l'objectif de créer un environnement collaboratif amont.

La démarche suivie au niveau "Modèle" est représentée sur la Figure 146 ci-dessous. La finalité de cette démarche est de proposer un modèle permettant de supporter le développement d'un environnement collaboratif amont, dans un contexte industriel.

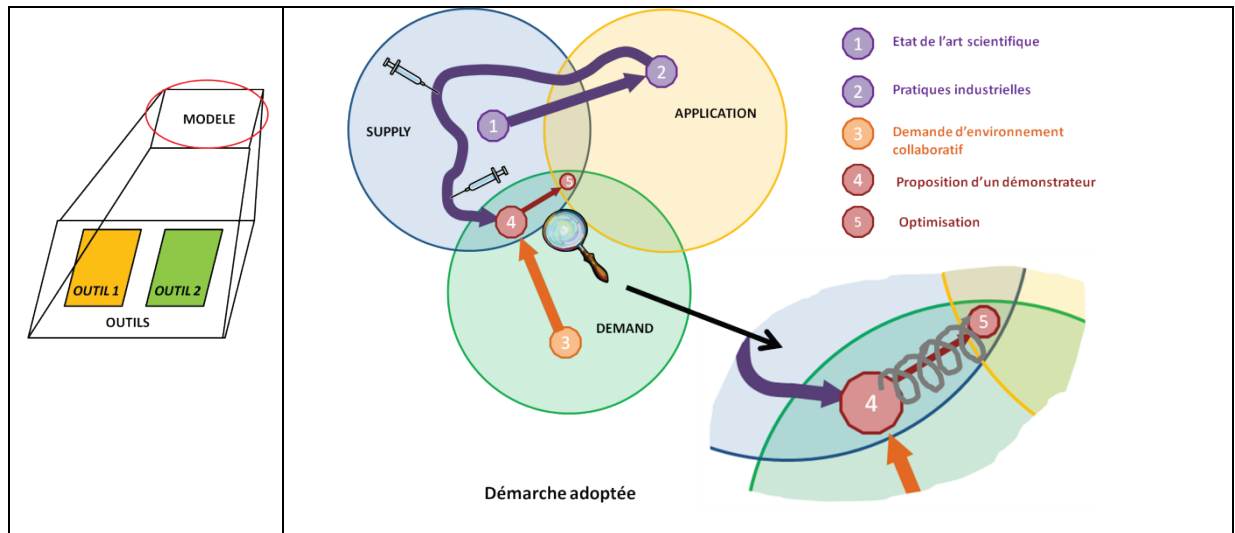


Figure 146 : démarche niveau "modèle" de nos travaux de thèse afin de définir un environnement collaboratif amont.

Notre démarche se décompose en cinq phases, classées chronologiquement, que nous résumons ci-après. La première étape de la démarche consiste à réaliser un état de l'art exhaustif. La deuxième étape a pour but d'analyser les pratiques industrielles. La troisième étape est la demande d'un industriel en environnement collaboratif. La quatrième étape est une proposition de prototype. La cinquième et dernière étape est une étape d'optimisation.

La démarche suivie au niveau "Outils" est présentée ci-dessous. C'est le modèle pratique, à suivre sur le terrain dans l'objectif de créer un environnement collaboratif amont, présenté à la Figure 147 ci-dessous.

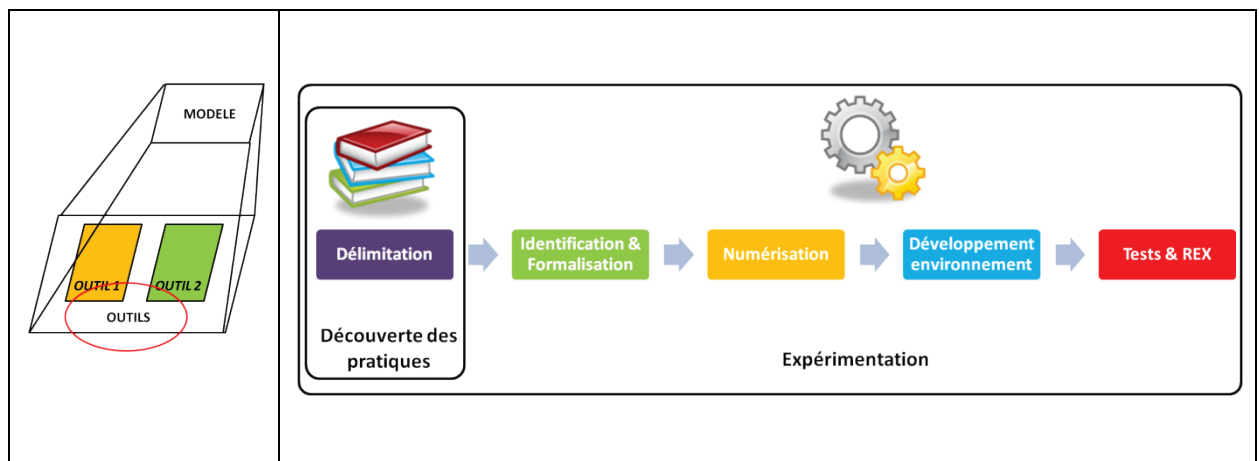


Figure 147 : démarche niveau "outils" de nos travaux de thèse afin de définir un environnement collaboratif amont

La phase de délimitation consiste à aller dans l'entreprise et, par l'intermédiaire d'entretiens à découvrir les pratiques et comprendre la manière dont un produit est conçu afin de fixer la limite de la conception amont et des acteurs à rencontrer. La phase d'identification et de formalisation vise à analyser le processus de développement du produit concerné. La numérisation a pour objectif de définir des RI numérisées du produit. La phase de développement de l'environnement consiste à maquetter un environnement

collaboratif amont de manière dynamique et agile. Enfin, la phase de tests et retour d'expérience (REX) a pour but l'optimisation du prototype.

Ces deux modèles sont complémentaires. Par exemple, l'étape de "Formalisation" du niveau "Outils" nécessite des fondements bibliographiques étudiés à l'étape 1 du niveau "Modèle" ; ou encore le développement d'un environnement nécessite une bonne connaissance des pratiques industrielles et une veille des fonctionnalités collaboratives proposées par les NTIC.

Afin de permettre une utilisation dans des applications industrielles, et d'envisager une numérisation future à travers un outil logiciel d'aide à la définition d'environnement collaboratif amont, la première étape consiste en la proposition d'un modèle de développement prescriptif d'un environnement de travail collaboratif. Ainsi, dans le cadre d'une demande industrielle de déploiement d'un environnement collaboratif amont, l'application de notre modèle prescriptif permet d'aboutir au déploiement d'un outil correspondant aux besoins (voir Figure 148).



Figure 148 : proposition de mise en œuvre industrielle du modèle.

Ce modèle, présenté dans le chapitre suivant, reprend les étapes que nous avons développées au niveau "Modèle" et les décline jusqu'au niveau "Outils" afin de détailler au maximum la marche à suivre. Il s'agit d'un protocole exhaustif, présentant des itérations, synthèse entre les deux démarches que nous avons défendues au cours de ces travaux. Celui-ci est symbolisé dans la Figure 144 ci-après et le modèle issu de nos travaux de thèse est présenté dans le chapitre suivant.

5.2.2 PRESENTATION DU MODELE

Dans le cadre de notre recherche, nous proposons d'outiller les chefs de projet en charge de projets de conception routinière (idéalement de construction, l'adaptation aux projets d'amélioration étant cependant possible), d'un modèle générique leur permettant de définir un environnement collaboratif amont adapté à leurs besoins. Notre état de l'art nous a par ailleurs orienté dans cette voie, la solution d'un environnement unique n'étant pas viable industriellement. Ce modèle peut également servir dans le cas du montage d'une nouvelle structure non pourvue d'environnement collaboratif, et envisageant un déploiement multisites dans un avenir proche. L'un de nos principaux apports est la définition d'une méthode agile de développement prescriptif d'un environnement de travail collaboratif amont centré sur les RI du produit, prenant en compte les contraintes métiers. La mise en œuvre de notre modèle, à destination des chefs de projets et de leurs équipes est réalisable par un prestataire extérieur. En effet, une équipe de développement externe peut intervenir afin de développer un environnement collaboratif amont. Nous recommandons de sous-traiter cette partie car cela permet d'avoir un regard neutre sur le processus de conception du produit. Il est ainsi plus facile de détecter certains problèmes qui peuvent être

entrés dans les habitudes de conception au fil du temps. Les ressources nécessaires à la mise en place du modèle de manière industrielle sont :

- un chef de projet disponible afin d'expliquer le processus de conception du produit.
- des intervenants de chaque métier entrant en jeu dans la conception amont (au moins un par métier).
- une équipe extérieure (environ deux personnes) à l'entreprise pour la définition et la formalisation du besoin, le développement agile du prototype dynamique, ayant fait une veille technologique sur les modes de communication adaptés au milieu industriel concerné.
- une équipe de codage de la solution définitive (quatre à six personnes).

L'articulation entre ces personnes est présentée sur la Figure 149 ci-dessous. La partie gauche situe le cas général et la partie droite montre le cas particulier des expérimentations 2 et 3 liées à nos travaux de thèse (déploiement non réalisé).

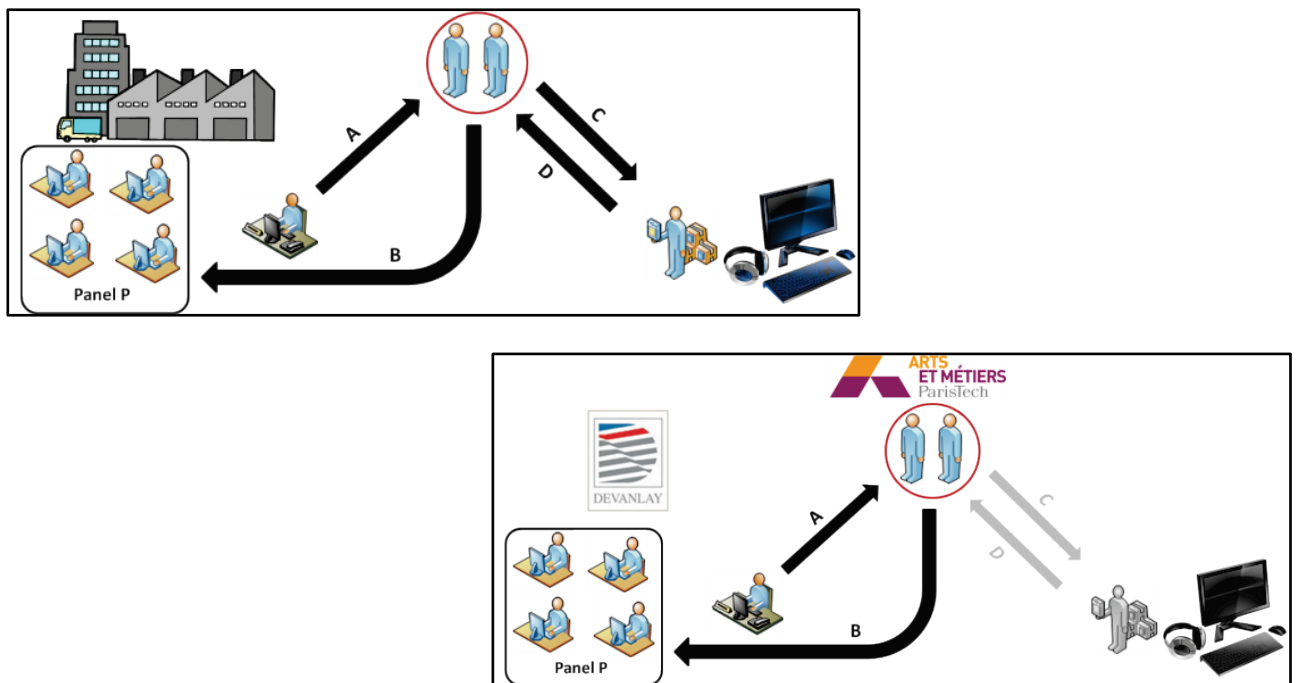


Figure 149 : synoptique d'utilisation du modèle présenté.

Le chef de projet sollicite un prestataire extérieur afin de développer un environnement collaboratif amont (étape A). Il met à disposition du prestataire un panel représentatif des métiers de la conception amont (panel P). Ensuite, le prestataire développe les prototypes dynamiques et fait réaliser les tests utilisateurs (étape B). Le codage et le déploiement finaux peuvent être sous-traités par le prestataire à une société informatique (étapes C et D).

Le modèle général est présenté sur la Figure 150 ci-dessous.

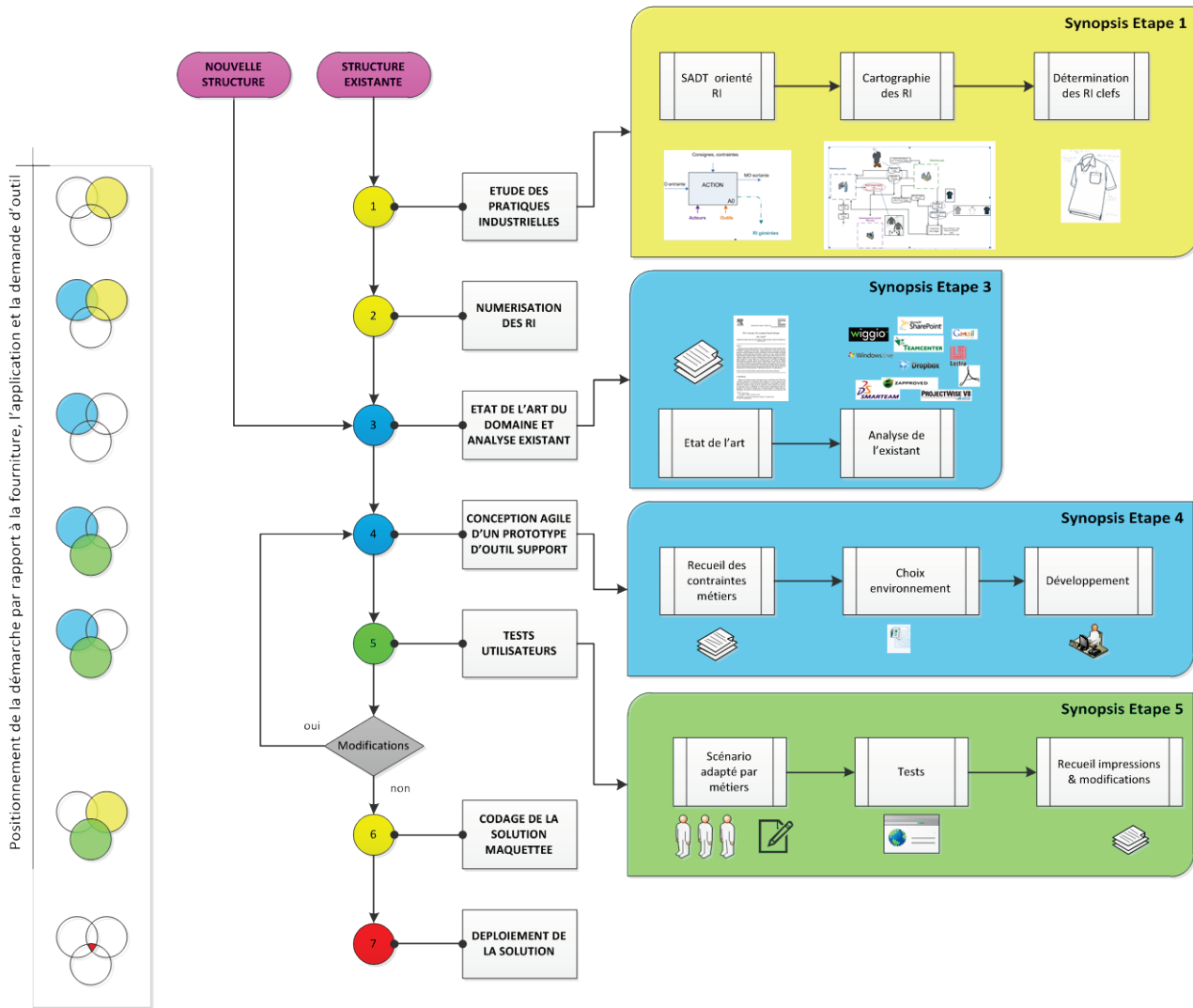


Figure 150 : proposition d'un modèle de spécification d'une méthode agile de développement prescriptif d'un environnement de travail collaboratif amont centré sur les RI prenant en compte les contraintes métiers.

On voit que ce modèle est construit en trois parties. La partie centrale montre les macro-étapes à suivre afin de concevoir un environnement collaboratif amont. La partie droite détaille, en s'appuyant principalement sur notre modèle "Outils" les phases les plus denses. Enfin, la partie gauche en bandeau présente, par rapport à notre démarche niveau "Modèle", quels domaines sont concernés en fonction de l'étape du processus général. Par souci de clarté nous avons employé un code couleur simple : le domaine jaune est celui de l'application industrielle, le domaine bleu est celui du monde universitaire et le domaine vert représente la demande industrielle. L'intersection de ces trois domaines, atteinte à l'étape 7, représente la fourniture par le monde universitaire d'un outil répondant à une demande industrielle et mis en application sur le terrain... en résumé l'outil idéal de collaboration amont. Notre modèle se décompose en sept étapes principales, qui permettent d'aboutir au déploiement d'un environnement collaboratif amont, appliqué au secteur concerné.

La première étape consiste en la formalisation du processus de conception amont à l'aide de l'outil SADT orienté RI, puis en la réalisation d'une cartographie des RI afin d'identifier quelles sont les RI clefs dans la collaboration entre les services. Cette étape s'applique dans le cas d'une structure existante, avec des habitudes de conception qu'il est possible d'étudier et de formaliser.

La deuxième étape consiste, quand elle est possible, à numériser les RI qui ne le seraient pas encore. Il faut noter que, dans le cadre d'un développement d'environnement collaboratif alors que la structure support est également nouvelle, les étapes 1 et 2 sont sans objet, et le processus commence alors directement à l'étape 3.

La troisième étape prévoit un état de l'art recentré par rapport au domaine d'expertise de l'entreprise, ainsi qu'une analyse des solutions existantes afin de trier les fonctionnalités utiles au développement.

La quatrième étape consiste en la conception agile d'un prototype d'outil support. Tout d'abord, cela nécessite un recueil, par l'intermédiaire d'entretiens semi-dirigés réalisés sur un panel représentatif des métiers liés à la conception amont, des contraintes métiers afin de les intégrer dans le développement. Puis, un choix de développement d'un environnement de développement est effectué (MS Publisher® dans notre cas, mais cela peut varier en fonction des compétences de l'équipe projet), avant l'étape de développement à proprement parler.

La cinquième étape consiste en des tests utilisateurs. Une fois une version initiale de l'environnement développée (v0), une première série de tests est réalisée, les modifications à apporter sont recueillies et une nouvelle itération de développement est lancée. Ensuite, c'est au tour de la version 1 d'être testée, etc. de manière itérative sur un panel d'au moins trois personnes. Quand les modifications suggérées deviennent minimales, le codage "industriel" de la solution est envisagé (étape 6), avant le déploiement dans l'entreprise du nouvel outil (étape 7).

5.2.3 POSITIONNEMENT PAR RAPPORT A L'EXISTANT

Il n'existe pas à l'heure actuelle, à notre connaissance, de modèle de définition d'un environnement collaboratif amont centré sur les RI du produit et prenant en compte les contraintes métiers des acteurs de la conception. Cependant, il existe des travaux visant à favoriser la collaboration dans les Collaborative Design Environments (CDE), ou Collaborative Engineering Environments (CEE) c'est-à-dire les Environnements de Conception (ou d'Ingénierie) Collaborative en français. Il s'agit d'un environnement automatisé qui permet aux acteurs (y compris les designers, les ingénieurs, les managers et les clients) de collaborer et d'interagir au cours du développement d'un nouveau projet, peu importe leur situation géographique et leurs moyens d'interaction (Shen 2003). Cependant, peu de travaux sont centrés sur la définition d'un environnement collaboratif amont.

Ainsi, (Mejía et al. 2007) notent que plusieurs systèmes ont été développés afin de favoriser les collaborations dans des activités spécifiques tout au long du cycle de vie du produit, avec une accentuation forte sur les activités liées à la CAO. Les travaux de ces auteurs se fondent sur une recherche action afin de présenter une méthodologie pour concevoir et intégrer un environnement collaboratif. Le modèle présenté est développé et affiné grâce à des cycles de recherche action appliqués à différents cas d'études, aussi appelés boucles d'apprentissage. Chaque cas d'étude est décrit selon un cycle "Plan/Act/Observe/Reflect" ou "Planification/Action/Observation/Réflexion". La première étape consiste en une configuration de l'environnement collaboratif, les étapes deux et trois représentent l'implémentation et l'exécution de

l'environnement. Enfin, la phase de réflexion inclue le REX et les documentations nécessaires afin de modifier les anciennes méthodes de travail des utilisateurs.

Au niveau de la méthode mise en œuvre afin de développer cet environnement, les auteurs notent qu'il existe principalement trois défis à relever lors de la mise en place de tels environnements :

- tout d'abord, il faut arriver à définir un processus de développement de produit intégré, commun à toutes les entreprises qui collaborent sur le projet.
- ensuite, il faut développer des environnements qui améliorent la collaboration entre les équipes d'ingénieurs.
- enfin, il faut intégrer des applications et des outils qui permettent l'échange d'information et de connaissances entre les ingénieurs.

Le processus de définition d'un environnement de travail collaboratif est présenté sur la Figure 151 ci-dessous.

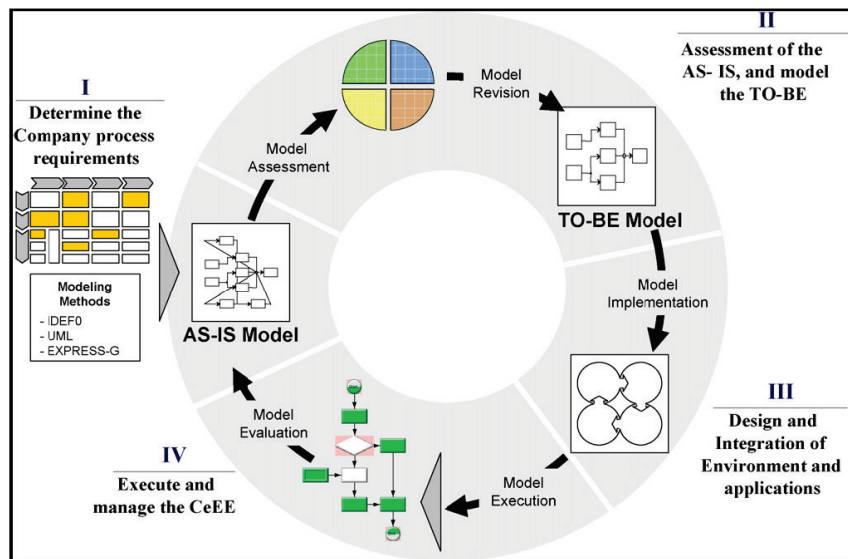


Figure 151 : processus de définition d'un environnement de conception collaborative, extrait de (Mejía et al. 2007).

Ce processus présente quatre phases principales.

La première phase consiste en l'étude des processus de l'entreprise, afin de déterminer le modèle "As Is" de l'entreprise. Les auteurs proposent d'utiliser un modèle de référence afin de définir le workflow de l'entreprise. Ici, des représentations graphiques du processus sont utilisées afin de trouver, par exemple, les informations doublons. Dans une deuxième étape, le processus "idéal" (To Be) est modélisé en traduisant l'analyse de l'équipe dédiée à la refonte du processus. La troisième étape consiste à modéliser le workflow, à sélectionner les applications d'ingénierie à intégrer à l'environnement, puis à connecter l'environnement et les applications avant de prévoir des mesures de performance et des techniques de monitoring afin de suivre l'évolution des pratiques. Enfin, la dernière étape consiste en une mise en œuvre et une gestion de l'environnement.

Par rapport aux travaux de (Mejía et al. 2007), nous privilégions un environnement collaboratif fondé sur les RI du produit. Ce choix nous permet, dès les phases amont, d'intégrer les contraintes des utilisateurs qui ne sont pas détaillées dans leur approche. Ensuite, nous pensons que le développement de maquettes dynamiques est un préalable à la phase de conception, qui est l'étape trois présentée sur la Figure 151.

Enfin, nous constatons que leur modèle est principalement à destination des ingénieurs, et donc très orienté BE/BM. Dans ces phases, les métiers (et donc les contraintes) sont relativement restreints et on peut arriver assez facilement à collaborer via une RI commune à tous les métiers. Ceci est plus difficilement réalisable dans les phases de conception amont car, nous l'avons vu, la multiplicité des RI est grande. Enfin, l'approche défendue par (Mejía et al. 2007) n'intègre pas de développement agile de prototypes qui soient validés par les utilisateurs finaux. Le risque est alors de s'éloigner du besoin initial.

Par rapport aux travaux de (Restrepo 2006), notre proposition est orientée vers la conception amont des produits. Elle est également plus détaillée, et porte principalement sur les premières étapes du modèle qui est présenté (jusqu'à la partie développement informatique pour nos étapes 1 à 5). Nous pensons en effet que la définition des besoins en collaboration, la détermination des RI clefs du produit, l'analyse et la formalisation préalable des pratiques de l'entreprise ainsi que le benchmark des logiciels existants est une valeur ajoutée de notre proposition dans l'objectif de répondre au plus près aux attentes.

5.2.4 MISE EN OEUVRE DU MODELE

5.2.4.1 APPORT DU MODELE AU DEVELOPPEMENT D'UN ENVIRONNEMENT COLLABORATIF AMONT

L'état de l'art a montré les spécificités liées à la conception amont d'un produit industriel. En particulier, l'accent a été mis sur le caractère multi-métiers, multi-interactions et donc multi-contraintes. Nous avons également noté une moins grande formalisation des phases amont du processus de conception, d'où une difficulté d'outiller ces étapes (Mougenot 2008). Notre modèle de développement d'environnement collaboratif apporte une méthode "sur mesure" afin de proposer un outil adapté aux besoins des utilisateurs (chefs de projet) par une démarche agile de conception de prototype.

L'exploitation de ce modèle, de niveau macroscopique, permet au chef de projet d'avoir une vision d'ensemble du processus de développement d'un produit. Nous nous plaçons principalement dans le contexte de projets de conception routinière, idéalement de construction, l'adaptation aux projets d'amélioration étant cependant possible. Les acteurs de la conception sont connus, mais le processus global n'est pas forcément modélisé. Nous rappelons que nous recommandons de faire appel à un prestataire extérieur afin de mettre en place cette démarche. La première étape permet d'avoir une vue d'ensemble des RI échangées. La cartographie des RI réalisée peut également servir au développement d'autres systèmes d'informations de l'entreprise. La deuxième étape permet de contribuer à la numérisation progressive du processus de conception industriel. Ensuite, la troisième étape d'état de l'art suppose l'analyse fine de l'état de l'art et le benchmark des outils actuels. Etant donné l'avancée rapide des technologies dans ce domaine, il est conseillé de réaliser une veille technologique régulière afin de faire des propositions qui font sens ou de faire appel à une personne extérieure, spécialisée dans le domaine. La suite du modèle préconise un développement agile d'un prototype, puis des tests utilisateurs et un codage et déploiement de la solution. Les modules ont été développés grâce à une combinaison d'informations provenant de l'état de l'art, du recueil des contraintes utilisateurs et des expérimentations ; on voit dans le Tableau 36 ci-dessous comment le prototype "CoTeEn" développé lors de nos travaux répond aux besoins principaux des utilisateurs en terme d'environnement collaboratif appliqué au domaine du textile.

Source	Besoin principal identifié	Application à CoTeEn
Etat de l'art	Nécessité de formalisation des phases amont	Utilisation du SADT orienté RI et formalisation issue de (Aoussat 1990)
Exp. 1 & 2	Collaboration autour des RI images du produit	Outil d'annotation dynamique
Exp. 3	Besoin de développement rapide et d'intégration des contraintes métiers	Utilisation d'une méthode de développement agile

Tableau 36 : réponse aux besoins utilisateurs du prototype développé.

5.2.4.2 APPORTS DU MODELE A L'OPTIMISATION DU PROCESSUS DE CONCEPTION

Notre modèle s'insère naturellement dans une dynamique d'optimisation et de numérisation progressive du processus de conception. En effet, si l'on reprend la Figure 152 ci-dessous, on note que notre contribution à cette optimisation se situe juste en aval des travaux de (Restrepo 2006) qui propose une méthode d'explicitation des besoins ; de (Lahonde 2010) qui propose un outil d'aide au choix des méthodes de conception ; de (Mougenot 2008) qui propose un outil d'aide à l'exploration pour les designers. De plus, ces deux derniers outils pourraient être intégrés à un outil collaboratif amont (du type de "CoTeEn"), en tant que logiciels métiers à part entière et venant donc supporter l'amont de la conception.

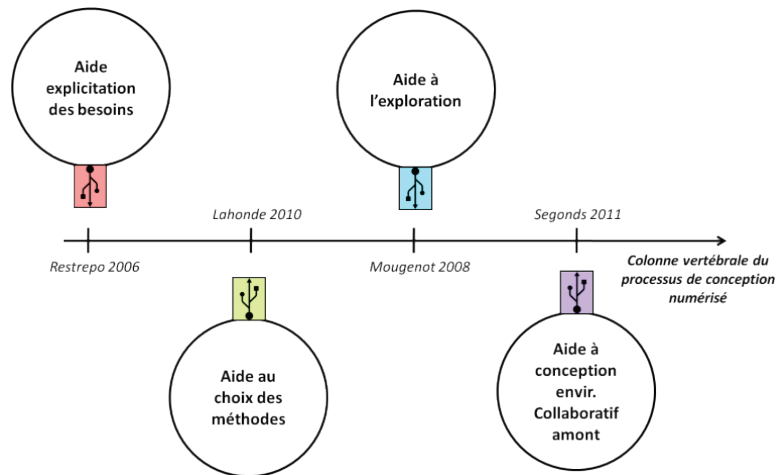


Figure 152 : agencement des travaux de thèse, vers une numérisation du processus de conception.

Nous avons donc défini au cours de nos travaux une démarche à deux niveaux différents afin de répondre à notre problématique de recherche. La réflexion sur la méthode à suivre a permis de proposer un modèle de définition d'un environnement collaboratif amont, niveau "Modèle", de plus haut niveau. Ensuite un protocole opérationnel a été mis en place afin de mener à bien les actions nécessaires à la réalisation et à l'optimisation d'un environnement collaboratif amont, au niveau "Outil". Au sein des laboratoires LCPI et LSIS, nos travaux ont été menés dans l'optique que la numérisation du processus de conception contribue à l'optimisation de la conception, et que la représentation géométrique du produit est au cœur des échanges. Notre recherche s'intègre dans ces démarches globales, avec un éclairage particulier sur les phases amont de conception.

