
Conception collaborative pour les Systèmes Mixtes

David Juras*** — Dominique Rieu* — Sophie Dupuy-Chessa **
— Agnès Front *

* LSR-IMAG, équipe SIGMA
681 rue de la passerelle
BP 72 38402 Saint Martin d'Hères Cedex
{prenom.nom}@imag.fr

** CLIPS-IMAG, équipe IHM
B.P. 53
38041 Grenoble Cedex 9
{prenom.nom}@imag.fr

RÉSUMÉ. Les méthodes et modèles classiques de conception et de développement proposés par le Génie Logiciel ont fait leurs preuves pour la spécification et le développement du noyau fonctionnel des Systèmes d'Information. Cependant, l'évolution rapide des technologies et dispositifs d'interaction a favorisé l'émergence de nouveaux types de systèmes interactifs fusionnant monde réel et virtuel, connus sous le terme de Systèmes Mixtes. Ces systèmes complexes offrent de nouvelles possibilités d'interaction. Mais ils mettent en jeu de nouvelles contraintes et doivent être intégrés dans des systèmes d'information globaux. Cet article présente une méthode de conception spécifique aux Systèmes Mixtes prenant en compte les collaborations, cohérences et apports entre spécialités, en termes de processus et de modèles.

ABSTRACT. The classical Software Engineering design and development methods and models have shown their reliability for specifying and developing the functional core of information systems. Nowadays, the rapidly evolving technologies and interaction devices have encouraged the emergence of new interactive systems, blending the real and virtual worlds. These applications, known as Mixed Systems, offer new interaction possibilities. However, this dimension imposes new constraints that must be integrated into global information systems. This paper presents a Mixed Systems specific design method, which takes into accounts collaborations, consistency and contributions between specialties, in terms of process and models.

MOTS-CLÉS: Méthode de conception, Système mixte, Collaboration, Processus, Modèle

KEYWORDS: Design method, Mixed System, Collaboration, Process, Model

1. Introduction

Les méthodes et modèles classiques de conception et de développement proposés par le Génie Logiciel (GL) ont fait leurs preuves pour la spécification et le développement du noyau fonctionnel des applications informatiques. Malheureusement elles ignorent souvent les modèles et méthodes existants pour la conception de l'Interaction Homme-Machine (IHM). Ce manque était jusque là partiellement comblé par l'expérience des concepteurs d'interfaces, dans le cadre des interfaces graphiques.

Cependant, l'évolution rapide des technologies informatiques en terme de communication (réseau sans fil) et de dispositifs d'interaction (casques de visualisation, gants tactiles) modifie profondément la perception classique, implicite et figée de l'IHM. L'utilisateur peut désormais évoluer dans un environnement fusionnant les entités réelles et virtuelles. Nous utilisons le terme de « Systèmes Mixtes », introduit dans [DUBO 99] pour nommer tout système interactif combinant ces mondes réel et virtuel. Face aux spécificités de ces systèmes, ni les techniques et outils de développement de Génie Logiciel (GL), ni les méthodes de conception et d'évaluation d'IHM classiques ne sont totalement adaptés.

Des modèles d'IHM tels qu'ASUR [DUBO 03], IRVO [CHAL 04], et le MBA [TREV 03] ont été proposés pour prendre en compte les spécificités interactives des systèmes mixtes. Ces modèles ont pour but de compléter les approches classiques : par exemple ASUR ou IRVO présentent les interactions possibles dans le cadre d'une tâche qui représente une activité atomique ou composée ayant un but. Quelques démarches [RENE 04] [KULA 04] offrent aussi des solutions pour aider le développement de ces systèmes. Notre travail vise à insérer ces pratiques spécifiques aux systèmes mixtes dans le développement des systèmes d'information.

Nous nous posons donc le problème déjà parfois traité de compatibilité entre les processus de conception des systèmes interactifs et du noyau fonctionnel. En particulier [SOUS 03] propose d'étendre le Rational Unified Process avec la conception de l'interaction dans une approche centrée utilisateur. Constantine et al. [CONS 03] décrivent également un processus unifiant la conception de l'interaction et celle du noyau fonctionnel mais dans une approche centrée usage. Aucun de ces travaux ne traite des aspects spécifiques aux systèmes mixtes tels que la représentation des dispositifs d'interaction. De plus, ils offrent une formalisation faible des processus proposés, ce qui les rend difficilement exploitables par les concepteurs. L'objectif de notre travail est de proposer une méthode de conception intégrant à la fois les méthodes du GL pour la conception du noyau fonctionnel et celles de l'IHM pour l'interaction, permettant la conception de systèmes interactifs classiques ou mixtes. Nous nous intéressons à ces derniers dans cet article.

Afin de mieux comprendre le cadre de notre travail, la section 2 précise la notion de Systèmes Mixtes. Puis les grands principes de notre méthode sont présentés et illustrés par des exemples de collaborations entre spécialistes et des cohérences entre

les modèles manipulés par la méthode. Nous terminons par quelques conclusions et perspectives sur ces travaux.

2. Les Systèmes Mixtes

Les Systèmes Mixtes sont des systèmes interactifs évolués qui cherchent à fusionner les capacités de traitement informatique et l'environnement physique de l'utilisateur. Ceci les différencie fortement des systèmes de réalité virtuelle qui immergent l'utilisateur dans un monde, qui bien que réaliste, reste totalement numérique. Aucune définition consensuelle n'existe pour décrire le terme de Système Mixte, mais les spécialistes en IHM s'accordent pour décrire ces systèmes comme un continuum entre deux extrêmes :

– **La Réalité augmentée** : l'utilisateur effectue une tâche dans le monde réel (physique), et l'objectif est d'enrichir l'interaction de l'utilisateur avec le monde réel, au moyen de données et de services offerts par le monde virtuel (informatique). Typiquement, la plupart des systèmes de réalité augmentée utilisent des casques semi-transparents ou Head Mounted Display (HMD) pour surimposer, dans le champ de vision de l'utilisateur, des objets numériques sur le monde physique. On citera à titre d'exemple les applications de Gestes Médicaux et Chirurgicaux Assistés par Ordinateur (GMCAO) comme Casper-V2 [DUBO 01]. Dans ce système le chirurgien peut visualiser la trajectoire idéale calculée par l'ordinateur alors qu'il opère. On dit dans ce cas que la perception de l'utilisateur est augmentée.

– **La Virtualité augmentée** : la tâche est dans le monde virtuel, et l'objectif est d'enrichir l'interaction d'un utilisateur avec le monde virtuel, au moyen d'outils et d'actions du monde réel. Un des exemples les plus connus est celui des MediaBlocks [ISHI 97], qui permettent de manipuler des séquences vidéo en agaçant des cubes réels. On dit dans ce cas que l'exécution ou les actions de l'utilisateur sont augmentées.

Les problématiques de recherche liées au développement de ces systèmes sont nombreuses. [DUBO 04] identifie en particulier l'identification des besoins et des contraintes du domaine d'application, la conception logicielle, la conception de l'interaction et la conception et l'évaluation ergonomique.

3. Une méthode de conception de Systèmes Mixtes

3.1. Une approche pluridisciplinaire

Les problématiques identifiées précédemment rejoignent les problèmes à traiter lors du développement de tels systèmes. Nous associons à chacune de ces problématiques le spécialiste qui peut la traiter ainsi que sa vision dans le cadre du développement d'un Système Mixte (tableau 1).

Problématique	Acteur associé	Vision sur le système
Identification des besoins et des contraintes du domaine d'application	Spécialiste métier	Aspects organisationnels et processus génériques du métier (transposition effective du métier dans le Système Mixte)
Conception du noyau fonctionnel	Spécialiste GL	Vue fonctionnelle sur le Système Mixte (manière de réaliser techniquement les fonctions manipulées par les utilisateurs dans le Système Mixte)
Conception de l'interaction	Spécialiste IHM	Vision interactive et ergonomique du Système Mixte (la manière dont l'interaction doit être conçue pour permettre aux utilisateurs de réaliser leurs activités dans des conditions optimales)
Conception et évaluation de l'utilisabilité	Ergonome	

Tableau 1 : Une vision pluridisciplinaire de la conception des Systèmes Mixtes

3.2. Principes de construction

Les spécialistes identifiés précédemment ont des visions différentes et complémentaires sur le système à développer, qui nous amènent à énoncer quatre grands principes que doit respecter notre méthode :

- Qui dit spécialiste, dit habitudes de travail : il faut conserver les habitudes des acteurs des processus de développement, en préservant au mieux leurs démarches, modèles et outils. Il n'est pas question que les ergonomes ou les spécialistes IHM aient à utiliser UML.

- Qui dit pluridisciplinarité, dit collaboration : il faut prévoir des activités collaboratives de conception permettant aux spécialistes IHM, aux ergonomes et aux spécialistes GL de se synchroniser sur des objectifs communs et / ou des modèles consensuels.

- Qui dit modèle dit traçabilité et cohérence : il faut garantir une traçabilité et une cohérence entre les modèles utilisés par les différents spécialistes.

- Qui dit méthode dit guide : il convient de fournir un guide méthodologique utile et utilisable par l'ensemble des intervenants de la méthode et formalisant l'ensemble des éléments précédemment cités.

3.3. Vision générale de la méthode

3.3.1. Les méthodes et modèles retenus

Le cœur de notre méthode se base sur la démarche Symphony [HASS 05], inspirée des pratiques de l'Unified Process. Nous avons choisi cette démarche pour son approche itérative, incrémentale, orientée composants métier et pilotée par les

cas d'utilisation. Elle est, de plus, guidée par le métier dès les phases amont du projet et son approche à base de composants facilite le découpage du métier dans l'application, la répartition des responsabilités entre les équipes projets et la réutilisation. Son cycle de vie logiciel en Y facilitera à terme l'étude en parallèle des aspects techniques et fonctionnels d'un Système Mixte. Concernant les aspects méthodologiques en IHM, nous combinons à Symphony la méthode esquissée dans [RENE 04] pour les Systèmes Mixtes collaboratifs et mobiles, basée sur les scénarios et centrée utilisateur, même si nous ne nous intéressons pas pour l'instant aux aspects collaboratifs. Ces deux méthodes sont complémentaires en termes d'approche, de compatibilité entre leurs cycles de vie, de mises à disposition des ressources et elles manipulent les modèles de chaque spécialité nécessaires et suffisants, à notre sens, pour atteindre les objectifs que nous nous sommes fixés. Nous conservons donc les modèles préconisés par ces deux méthodes : les modèles UML préconisés par Symphony et les scénarios, arbres de tâches et diagrammes d'interaction du côté IHM. Nos travaux portent sur la branche gauche fonctionnelle du cycle de vie logiciel en Y que nous étendons pour prendre en compte l'étude des besoins en terme d'interaction (Figure 1).

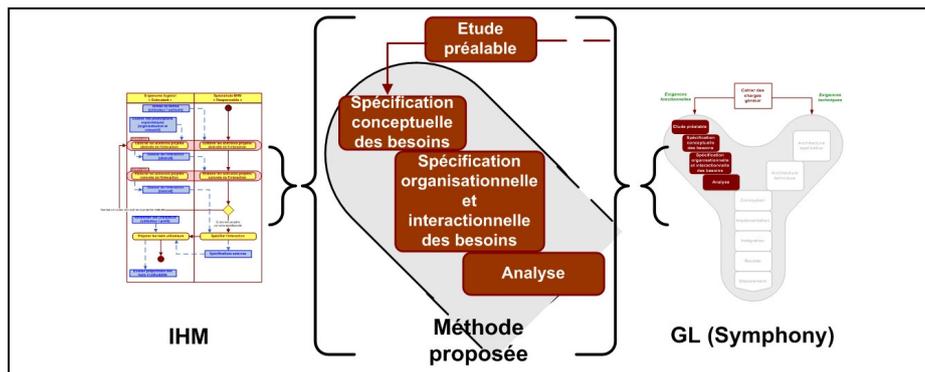


Figure 1 : Schématisation du rapprochement de la méthode IHM et de Symphony

3.3.2. La synchronisation et les cohérences entre méthodes et modèles

Une fois les méthodes et modèles choisis, il convient de les harmoniser, c'est-à-dire de paralléliser et de synchroniser les méthodes, et de maintenir la cohérence entre les artefacts qu'elles produisent.

La figure 2 résume les principes théoriques de cohérence proposés par notre méthode de conception de Systèmes Mixtes. Nous les présentons rapidement ici, avant de les illustrer à travers un cas d'étude. La méthode proposée prend ainsi en compte la cohérence des processus propres à chaque spécialité :

- **la cohérence intra-processus entre les modèles de chaque spécialité** : les deux méthodes retenues proposent leurs propres règles de génération, enchaînement,

raffinement et cohérence entre modèles (II et III dans la figure 2) que nous avons conservées et adaptées lorsque l'approche pluridisciplinaire le nécessitait.

– la **traçabilité intra-processus** : chacune des méthodes retenues propose une traçabilité entre les modèles qu'elle manipule. Pour Symphony, il s'agit d'une traçabilité selon les cas d'utilisation (V), pour la méthode IHM, d'une traçabilité selon les tâches (VI).

La méthode prend aussi en compte la cohérence et la synchronisation des activités entre les différentes spécialités intervenant dans la méthode à travers la **synchronisation des processus par deux types d'activités collaboratives** :

– les activités de **coordination** (I et VII de la figure 2) reposent sur une décomposition du travail en activités de buts similaires, l'affectation d'acteurs de spécialités différentes à ces activités, la mise en accord sur des modèles spécifiques mais entre lesquels existent des cohérences sémantiques (c'est par exemple le cas entre arbres de tâches et diagrammes de séquences)

– les activités de **coopération** (IV dans la figure 2), sont basées sur un objectif de modélisation commun. Chaque spécialiste apporte ses modèles et la coopération permet de produire des modèles consensuels ou communs. C'est le cas dans notre méthode des scénarios en langue naturelle qui sont raffinés dans le cadre d'activités coopératives tout au long de la conception.

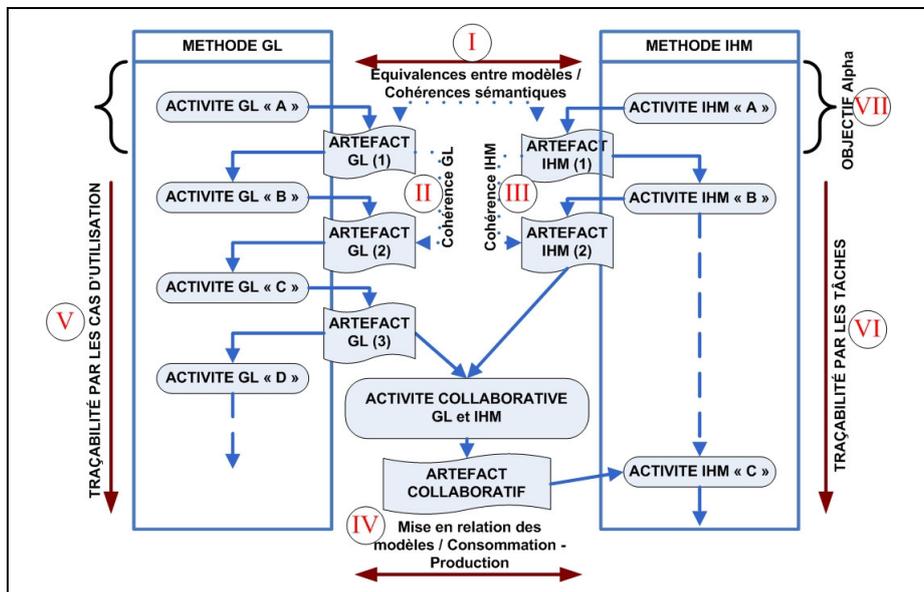


Figure 2 : Cohérences entre processus et modèles du GL et de l'IHM

4. Illustration des aspects collaboratifs et de la cohérence entre modèles

Nous allons maintenant illustrer ces principes théoriques de collaboration et de cohérence entre modèles à travers un cas d'étude portant sur la réalisation d'un état des lieux (EDL).

4.1. Le cas d'étude : un état des lieux « augmenté »

L'objectif est de proposer un noyau fonctionnel et un paradigme d'interaction adaptés pour réaliser un état des lieux immobilier pendant lequel l'utilisateur pourrait identifier, localiser et annoter des dommages dans un logement, effectuer des comparaisons rapides avec l'état des lieux précédent, etc.

4.2. Une vision et une décomposition commune du métier

Nous ne rentrerons pas dans les détails ici, mais il convient de rappeler que l'ensemble des spécialistes intervenant dans la méthode partagent une vision commune du métier à travers des scénarios en langue naturelle décrivant les Processus métier (PM) et Processus métier composant (PMC) identifiés dans le domaine d'application cible. Ces étapes correspondent aux phases d'Etude préalable et de Spécification conceptuelle des besoins présentées en figure 1. Un PM est une séquence d'activités internes du domaine d'étude dont l'objectif est de fournir un résultat observable et mesurable pour un utilisateur individuel du métier. Un PMC est assimilable à un sous-ensemble fonctionnel d'un PM. Dans notre cas, nous nous intéressons au PMC « Réaliser un état des lieux », sous ensemble du PM « Gestion des états des lieux »¹. Un extrait du scénario en langue naturelle de ce PMC est fourni dans le tableau 2. Nous sommes ici dans le cadre d'une collaboration entre spécialistes partageant un modèle consensuel commun (figure 2, point I).

Processus métier composant « Réaliser un EDL »
(...) L'expert EDL effectue l'état des lieux du logement cible en compagnie du locataire ou de son représentant. Il parcourt chaque pièce, l'observe en détail et identifie des dommages. S'il dispose d'un ancien EDL du logement, il peut effectuer des comparaisons pour contrôler que les dommages observés sont nouveaux ou s'ils existaient déjà et, le cas échéant quelles évolutions le dommage a subi. (...) Chaque dommage est identifié, typé, localisé et annoté. Lorsque tous les éléments ont été vérifiés, l'expert EDL signe et fait signer l'EDL par le locataire, récupère l'ensemble des artefacts nécessaires (clefs, ...) et remet les résultats de son EDL à son mandataire (...)

Tableau 2 : Description en langue naturelle d'un scénario commun

¹ Deux autres PMC sont identifiés : « Organiser un EDL » et « Finaliser un EDL » (cf. figure 4)

4.3. La phase de Spécification organisationnelle et interactionnelle des besoins

4.3.1. Description globale

Nous résumons dans la figure 3 des extraits de notre méthode qui servent de fil conducteur pour la présentation de notre exemple. Le formalisme utilisé dans cette figure est une adaptation des diagrammes d'activités d'UML. Les collaborations sont des conteneurs stéréotypés englobant les activités et les spécialistes concernés. Une coordination (« COORD ») suppose une décomposition du travail en activités, l'existence du planning associé, l'affectation d'acteurs à ces activités avec un objectif propre fixé par acteur ou activité. Une coopération (« COOP ») suppose une action commune des différents acteurs partageant un objectif commun et coordonnant leurs actions de manière autonome, sans processus prédéfini. Les activités en pointillés représentent des activités ou des séquences d'activités existantes dans la méthode mais non présentées ici.

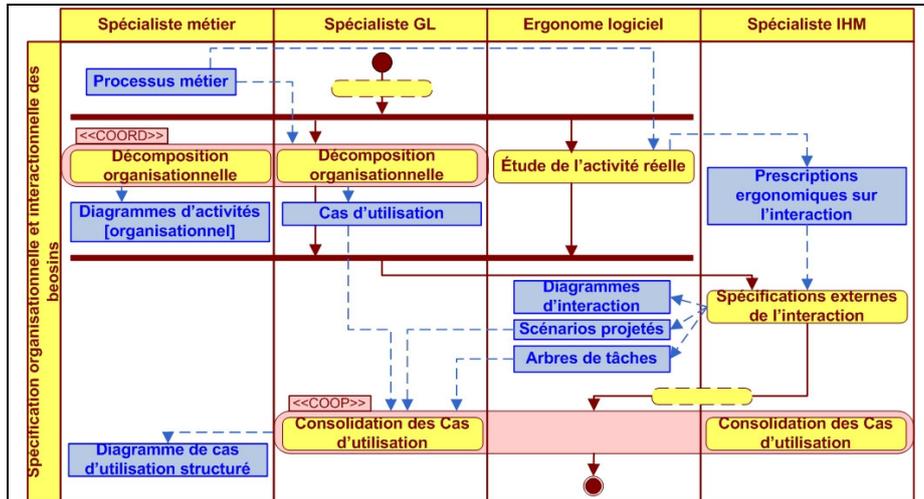


Figure 3 : La démarche suivie pour l'exemple de l'état des lieux augmenté

4.3.2. La Spécification organisationnelle

Lors de cette phase, le Spécialiste GL et le Spécialiste métier collaborent pour réaliser une décomposition organisationnelle (figure 3) des PM et PMC identifiés précédemment. Cette décomposition donne lieu à un diagramme d'activités décrivant l'organisation, les flux d'information et de responsabilité entre acteurs. Il va aussi permettre de distinguer les Processus métier manuels des Processus métier informatisés (PMI). Un tel diagramme d'activités pour le PMC « Réaliser un EDL » est donné en figure 4. Ce diagramme permet d'extraire les PMI et de les organiser en tant que cas d'utilisation initiaux dans une première version de la cartographie

des cas d'utilisation (figure 5). On notera que cette activité va aussi permettre au Spécialiste métier et au Spécialiste GL de mettre en évidence des cas d'utilisation complémentaires qui n'avaient pas encore été identifiés par le découpage organisationnel (cas d'utilisation avec un fond clair comme « Saisir un nouveau dommage »).

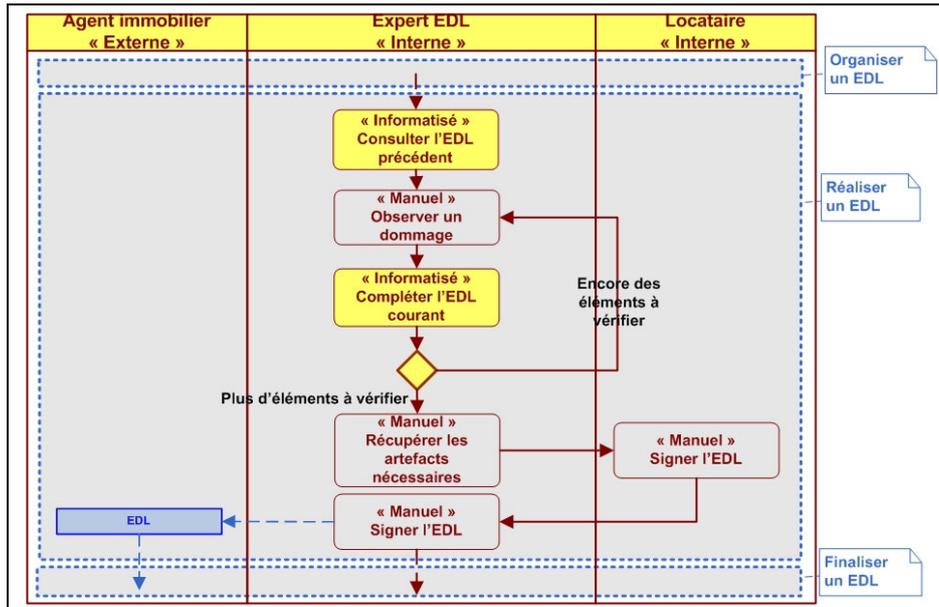


Figure 4 : Décomposition organisationnelle du PMC « Réaliser un EDL »

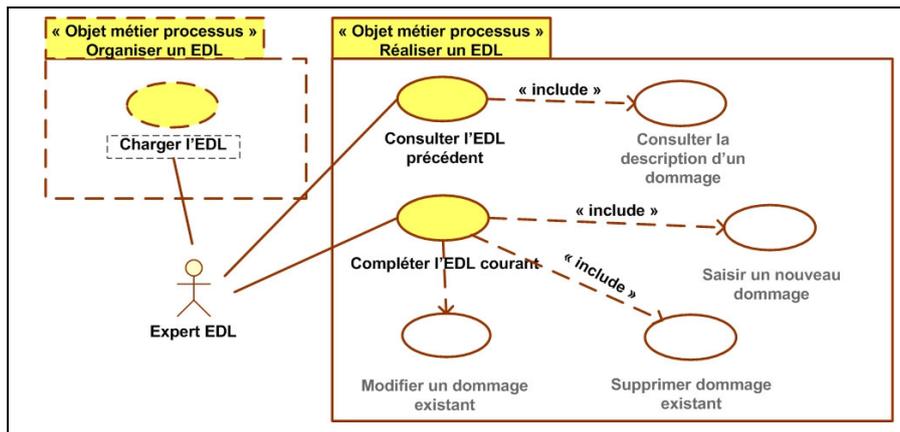


Figure 5 : Cartographie des cas d'utilisation du PMC « Réaliser un EDL »

L'enchaînement de ces deux modèles illustre la traçabilité entre modèles du GL à travers les cas d'utilisation.

4.3.3. La Spécification interactionnelle

Ce diagramme d'activités et la cartographie des cas d'utilisation réalisés par le Spécialiste métier et le Spécialiste GL décrivent une vision fonctionnelle du métier mais n'indiquent pas comment ces activités vont être réalisées par l'utilisateur. Cet aspect du problème est traité de manière anticipée et / ou parallélisée par les activités de l'Ergonome et du Spécialiste IHM. Les exemples suivants illustrent les points (III) et (VI) de la figure 2. Dans un premier temps, l'Ergonome réalise seul une étude de l'activité réelle de l'utilisateur comme le montre le processus de la figure 3. Il observe l'activité de plusieurs experts chargés de la réalisation d'états des lieux, génère des fiches d'activités qui précisent les contraintes ergonomiques inhérentes et établit un profil d'activité. Nous ne présentons pas ces travaux ici, mais nous les résumons comme suit : « L'activité naturelle de l'utilisateur doit être respectée ». Une collaboration avec le Spécialiste IHM permet d'identifier deux aspects fondamentaux de la future interaction du système : celle-ci devra utiliser des représentations virtuelles des dommages sous forme de marqueurs, et le système devra exploiter les apports de la multimodalité (par exemple, interagir avec le système informatique de manière vocale et / ou tactile). Se basant sur les préconisations ergonomiques, le Spécialiste IHM réalise dans le cadre des Spécifications externes de l'interaction (figure 3) une projection de la tâche de l'utilisateur, c'est-à-dire envisager la future interaction à mettre en place. Pour cela, dans le cadre particulier de la conception d'un Système Mixte, il débute par la rédaction d'un scénario projeté abstrait décrivant l'interaction à travers les objets physiques et numériques manipulés par l'utilisateur. Un extrait de ce type de scénario est donné dans le tableau 3 où les concepts interactifs importants, comme le concept de dommage, sont indiqués en italique souligné.

Extrait de la projection abstraite de la tâche « Réaliser un EDL »	
Thème(s)	{ Localisation, Saisie d'information }
Acteur(s) mobilisé(s)	Expert EDL
Support(s) utilisé(s)	{ Support pour l'EDL, Listes d'éléments à contrôler }
Etat en fin de tâche	Le dommage a été observé et est noté dans l'EDL
(...) L'expert EDL rentre dans une <i>pièce</i> , et sa <i>position</i> est indiquée sur le <i>plan du logement</i> . L' <i>ancien EDL</i> ne lui indique aucun ancien <i>dégât ou usure (dommage)</i> à vérifier pour cette pièce. Il parcourt la pièce et remarque une <i>tache</i> sombre sur le <i>papier peint</i> d'un des murs. Il décrit le dommage observé, lui associe une <i>position spatiale</i> sur le plan du logement, et prend éventuellement un <i>instantané (photo ou vidéo)</i> du dommage dans son contexte (...).	

Tableau 3 : Scénario projeté abstrait de la tâche « Réaliser un état des lieux »

Une spécification des objets d'interaction est ensuite réalisée, dont un extrait est donné dans le tableau 4 à travers l'exemple du concept de dommage et de sa représentation numérique, le marqueur. On spécifie les caractéristiques minimales à prendre en compte pour les manipuler dans le cadre d'un Système Mixte, comme par exemple leurs attributs de forme, de taille et de position mais sans se soucier, à ce niveau, des détails qui seront traités ultérieurement (par exemple, la position du marqueur est-elle relative ou absolue ? quel est le référentiel de localisation ?).

Objet(s) physique(s)		Objet(s) numérique(s)	
<i>Concept</i>	<i>Description</i>	<i>Concept</i>	<i>Description</i>
Dommage	Tout dégât ou usure observé dans le logement. Le dommage est notifié s'il est nouveau ou s'il a évolué depuis le dernier EDL.	Marqueur	Indicateur / marqueur numérique servant à positionner un dommage et à le montrer à l'utilisateur dans son contexte de travail (en projection sur un casque semi transparent par exemple). Un marqueur a une forme, une taille et une position spatiale.
		Description	Description du dommage réel : niveau de dégradation (bon état, mauvais état,...), type (usure ou dégât engageant la responsabilité du locataire,...)

Tableau 4 : Description du couple d'objets d'interaction Dommage / Marqueur

La projection abstraite est suivie d'une projection concrète qui permet d'identifier les modes (sens) utilisés par l'utilisateur lors de l'interaction et de proposer des types de dispositifs génériques permettant de réaliser cette interaction mixte (tableau 5). On voit bien ici l'évolution par rapport à la projection abstraite. Ainsi, il a par exemple été décidé d'utiliser la direction du regard de l'utilisateur et une commande vocale pour réaliser la tâche de « Saisie d'un dommage » et on a proposé des types génériques de dispositifs permettant de réaliser cette interaction. Le choix des dispositifs finaux d'interaction est réalisé ultérieurement, comme par exemple le choix d'un micro individuel (porté) ou mutualisé (fixe et partagé).

Extrait de la projection concrète de la tâche « Réaliser un EDL »	
Thème(s)	{Localisation, Saisie d'information}
Acteur(s) mobilisé(s)	Expert EDL
Support(s) utilisé(s)	{Support tactile d'affichage et de saisie, Plan numérisé 3D, Support de vision augmentée, Système de commande vocale, Système de localisation}
Etat en fin de tâche	Dommage observé, décrit et positionné dans le logement
(...) L'Expert EDL rentre dans une <i>pièce</i> , et sa <i>position</i> est indiquée sur le <i>plan numérisé du logement</i> consultable sur son <i>support d'affichage portable</i> . L' <i>ancien EDL de la pièce</i> , chargé automatiquement à son entrée dans la pièce, n'affiche sur le <i>support de vision (HMD)</i> aucun <i>ancien dommage</i> à vérifier. Il parcourt la pièce et	

remarque une *tache* sombre sur le *papier peint* d'un des murs. Il décrit le dommage observé à l'aide d'une *reconnaissance vocale* et / ou en effectuant une saisie sur son *support tactile d'affichage et de saisie*, lui associe une *position spatiale, une forme et une dimension* en se servant de la *direction de son regard, de la commande vocale et éventuellement du support tactile (multimodalité) (...)*

Tableau 5 : Scénario projeté concret de la tâche « Réaliser un EDL »

Ces scénarios de projection sont enrichis par une formalisation sous forme d'un arbre de tâches représentant la décomposition fonctionnelle des activités de l'utilisateur et du système. La dimension verticale de l'arbre correspond à la hiérarchie des tâches utilisateur, la dimension horizontale à leur agencement séquentiel. L'arbre de tâches proposé en partie gauche de la figure 6 utilise le formalisme des ConcurTask Trees [PATE 97]. Il peut se lire comme suit, en partant de la tâche « Réaliser un EDL » : « L'expert EDL contrôle chaque pièce itérativement. Dans chacune d'elle, le système affiche dans son champ de vision les marqueurs existants. De manière simultanée, il va pouvoir observer les dommages réels. S'il le faut, il complète l'EDL courant, en saisissant un nouveau dommage. Pour cela, il définit un marqueur, le positionne, décrit et capture le dommage associé et ce dans un ordre quelconque mais en synchronisant ces activités. ».

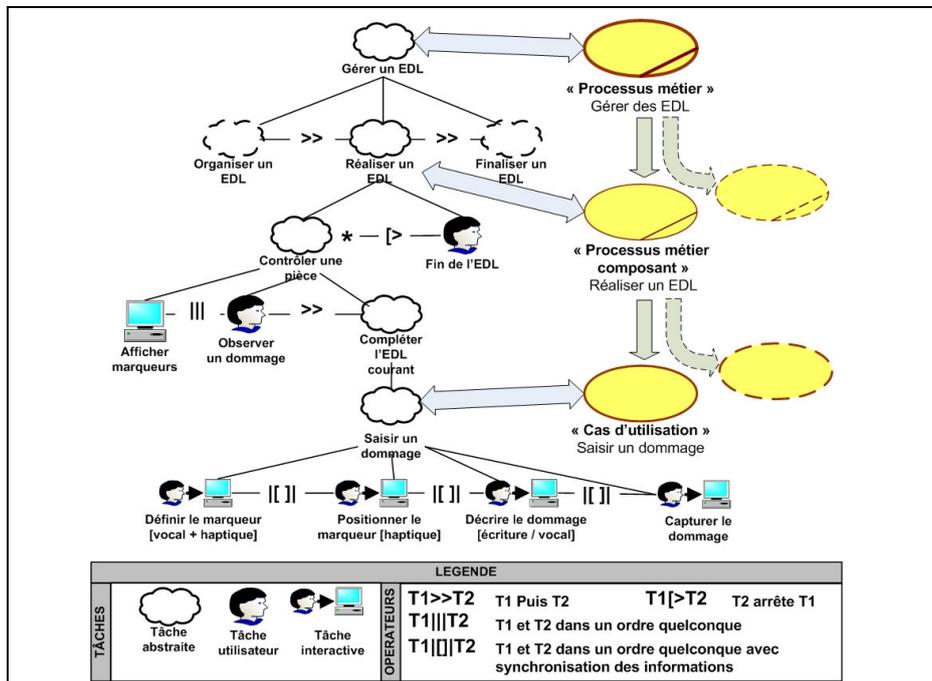


Figure 6 : Arbre de tâches et correspondance avec le découpage fonctionnel métier

Pour terminer cette Spécification interactionnelle pour le cas d'un Système Mixte, chaque tâche interactive de l'arbre de tâche va donner lieu à la génération par le Spécialiste IHM d'un diagramme d'interaction mixte. Un exemple en est donné en figure 7 sous la forme d'un diagramme ASUR.

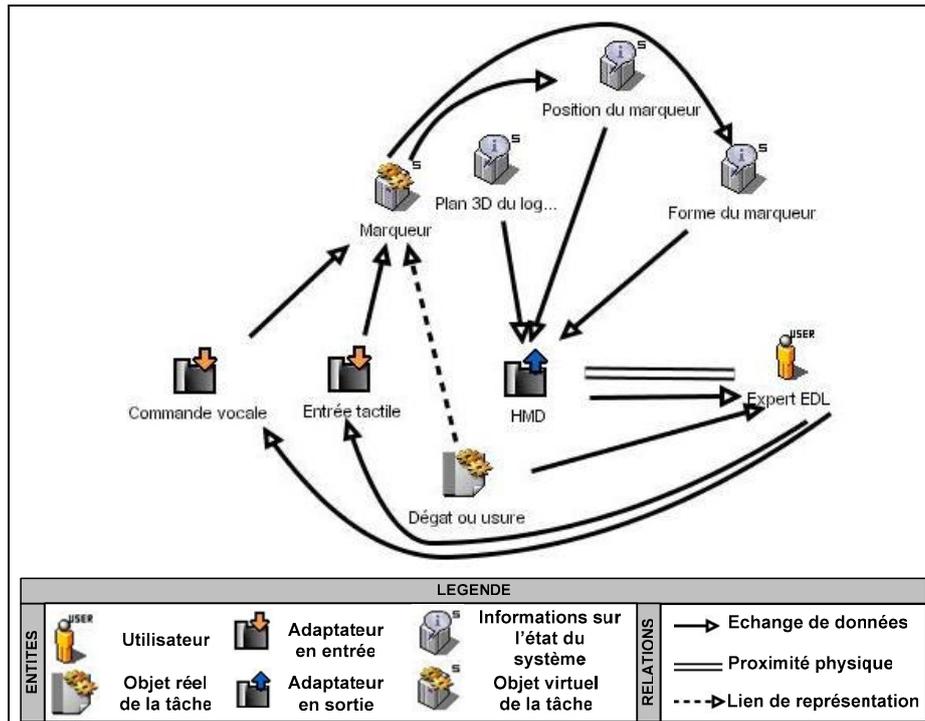


Figure 7 : Diagramme d'interaction ASUR pour la tâche « Saisir un dommage »

Ce type de diagramme schématise l'interaction dans le cadre d'un Système Mixte. Ce diagramme peut se lire comme suit : « L'utilisateur porte un casque semi transparent (HMD), et perçoit visuellement les informations affichées sur ce support. Il observe naturellement des objets physiques dans son environnement qui sont des dommages (dégât ou usure). L'utilisateur manipule grâce à une commande vocale et une entrée tactile un marqueur, qui est une représentation numérique du dommage. Il le définit, le positionne et ces informations sont synchronisées avec le plan 3D du logement pour être rendues visuellement à l'utilisateur (le marqueur associé au dommage est surimposé sur le dommage réel). ».

Chaque tâche donne lieu à plusieurs diagrammes d'interaction, et la meilleure technique d'interaction est retenue après une concertation collaborative entre le Spécialiste IHM et l'Ergonome. Les solutions retenues pour chaque tâche interactive

de l'arbre sont ensuite factorisées pour proposer une technique d'interaction valable et adaptée pour la globalité de l'activité de l'utilisateur.

4.3.4. La fusion des travaux du Génie Logiciel et de l'Interaction Homme-Machine

L'ensemble des activités individuelles et collaboratives réalisées jusque là va être finalisé par une collaboration entre spécialistes IHM et GL (« Consolidation des cas d'utilisation » de la figure 3). Cette collaboration, illustrant la consommation / production collaborative d'artefacts (point IV de la figure 2) permet d'aboutir à une version du diagramme de cas d'utilisation prenant en compte l'interaction du futur système (présenté en figure 8). On identifie par exemple « Capturer un dommage », un cas d'utilisation certes fonctionnel mais dont l'identification est intimement liée au choix de la technique d'interaction. C'est une séquence d'activité relativement complexe, initiée à la demande de l'utilisateur et qui nécessite une étude approfondie lors de la phase d'Analyse.

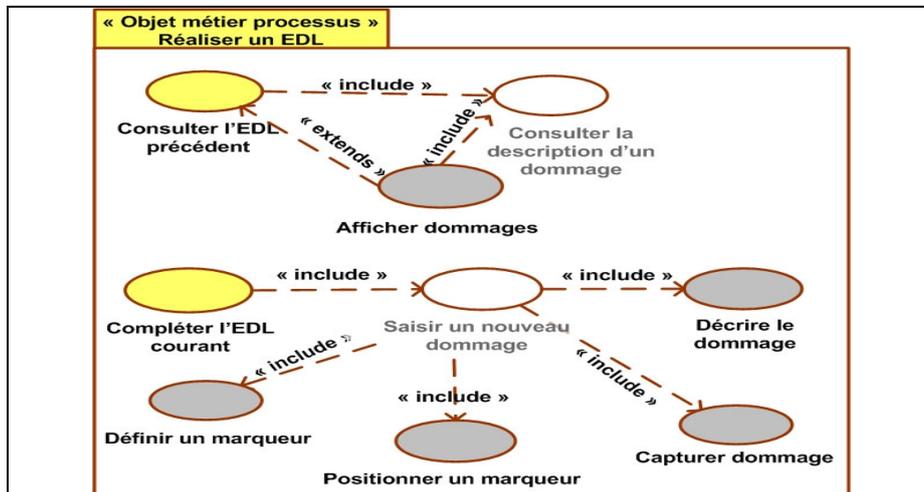


Figure 8 : Extension des cas d'utilisation suite aux spécifications de l'IHM

On notera aussi ici que le choix de l'interaction a un impact sur les classes d'analyse, puisque de nombreux concepts apportés par la technique d'interaction doivent être pris en compte, comme la localisation spatiale d'un marqueur.

5. Conclusion et perspectives

Nous avons présenté à travers cet article la complexité et la pluridisciplinarité inhérentes à la conception et au développement de Systèmes Mixtes et certaines des solutions proposées par notre méthode en termes de collaboration entre spécialistes et de cohérences entre modèles du GL et de l'IHM. Nous avons pu voir à travers un

exemple de spécification comment les spécialistes peuvent collaborer efficacement pour spécifier et concevoir un Système Mixte. Les processus et modèles de spécification et de conception de l'IHM ne sont plus isolés. Ils sont harmonieusement répartis tout au long des phases de la méthode et initiés au plus tôt. Cela permet une levée rapide des risques majeurs : en terme de réalisation technique de l'interaction, mais aussi d'acceptation du futur système par les utilisateurs, ces deux aspects étant critiques dans le cadre des Systèmes Mixtes. La base méthodologique proposée est instrumentée sous forme de patrons dans AGAP (Atelier de Gestion et d'Application de Patrons) [CONT 02] afin de fournir un guide méthodologique autonome utilisable par l'ensemble des intervenants de la méthode.

Ce guide devra à terme prendre en compte les considérations techniques liées à la conception de Systèmes Mixtes. Nous avons déjà identifié dans ce cadre certains points de convergence entre la branche fonctionnelle et la branche technique du cycle de vie en Y, comme par exemple l'influence de la description de l'interaction projetée sur le choix des dispositifs physiques d'interaction et des architectures logicielles qui peuvent y être associés. Il conviendra aussi de fournir des règles et outils de support à la cohérence entre les aspects métier (fonctionnel) et techniques de la conception des Systèmes Mixtes. Enfin, le rapprochement de nos travaux avec une approche d'ingénierie dirigée par les modèles pourra d'une part faciliter la gestion de la traçabilité, et d'autre part permettre de gérer la grande diversité des modèles du GL et de l'IHM. Il s'agit alors de définir de manière explicite les métamodèles utiles pour la conception de SM et de les relier aux métamodèles traditionnels utilisés dans le monde du GL par des transformations. C'est l'une des perspectives à court terme de notre travail.

Bibliographie

- [CHAL 04] Chalon, R., *Réalité Mixte et Travail Collaboratif : IRVO, un modèle de l'Interaction Homme-Machine*, Thèse de Doctorat, Ecole Centrale Lyon, décembre 2004.
- [CONS 03] Constantine L., Biddle R. and Noble J., « Usage-Centred Design and Software Engineering: Models for Integration ». In *M. Borup Harning and J. Vanderdonck eds, Proc. of the IFIP TC13 workshop on Closing the gaps: Software engineering and Human-Computer Interaction*, 2003.
- [CONT 01] Conte A., Fredj M., Giraudin J.P., Rieu D., « P-Sigma : un formalisme pour une représentation unifiée de patrons », *Congrès INFORSID, Genève*, juin 2001.
- [CONT 02] Conte A., Giraudin J.P., Hassine I., Rieu D., « Un environnement et un formalisme pour la définition, la gestion et l'application de patrons », *revue Ingénierie des Systèmes d'Information (ISI), volume 6 N°2, Hermès* 2002.
- [DROU 01] Drouin, A., Valentin, A., Vanderdonck, J., « Les Apports de l'ergonomie à l'analyse et à la conception de systèmes d'information ». In : *Analyse et conception de l'IHM*, pp 51-83, Hermès, 2001.

- [DUBO 99] Dubois, E., Nigay, L., Troccaz, J., Chavanon, O., Carrat, L.: « Classification Space for Augmented Surgery, an Augmented Reality Case Study ». In *Sasse, A., Johnson, C., eds.: Proc. Of Interact'99*, Edimburgh, UK (1999) 353–359.
- [DUBO 01] Dubois, E., « Chirurgie Augmentée, un Cas de Réalité Augmentée: Conceptions et Réalisations Centrées sur l'Utilisateur », Thèse de Doctorat, UJF – Grenoble I, juillet 2001.
- [DUBO 03] Dubois, E., Gray P.D., Nigay, L.: « ASUR++: a Design Notation for Mobile Mixed Systems ». *Interacting With Computers* **15** (2003) 497–520.
- [DUBO 04] Dubois E., Scapin D., Bach C., Dupuy S., Mansoux B., Tigli J.Y., Vachet C., « Méthodes et Outils pour les Systèmes Mixtes », *Workshop Méthodes et Outils pour les Systèmes Mixtes*, IHM2004, Namur, Belgique, Août 2004.
- [GULL 05] Gulliksen J. and Göransson B., « Usability Design: Integrating User-Centred Systems Design » In *the Systems Development Process, tutorial at CHI'2005*, USA, April 2005.
- [HASS 05] Hassine, I., « Spécification et formalisation des démarches de développement à base de composants métier: la démarche Symphony », Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Grenoble, décembre 2005.
- [ISHI 97] Ishii, Ullmer, « Tangible bits: Towards Seamless Interfaces between People, Bits and Atoms », In *Proc. Of the ACM conference CHI'97*, Atlanta, March 1997, pp 234-241.
- [JACO 99] Jacobson, I., Booch, G., Rumbaugh, J. *The Unified Software Development Process*, Addison-Wesley, 1999.
- [KULA 04] Kulas C., Sandor C., Klinker G., « Towards a Development Methodology for Augmented Reality User Interfaces », *Workshop IUI-CADUI'04 "Exploring the Design and Engineering of Mixed Reality Systems"* (MIXER 04), ISSN 1613-0073, editor(s): Emmanuel Dubois, Philip D. Gray, Daniela Trevisan, Jean Vanderdonckt, *CEUR Workshop Proceedings*, ISSN 1613-0073, vol. 91, Madeira, 2004.
- [PATE 97] Paterno, F., Mancini, Meniconi: « ConcurTask Tree: a diagrammatic notation for specifying task models ». In: *Proc of Interact'97*. (1997) 362–369.
- [RENE 04] Renevier, P., « Systèmes Mixtes Collaboratifs sur Supports Mobiles : Conception et Réalisation », Thèse de Doctorat, Université Joseph-Fourier – Grenoble I, juin 2004.
- [SOUS 03] Sousa K. S. and Furtado E., « An approach to integrate HCI and SE in requirements engineering ». In *M. Borup Harning and J. Vanderdonckt eds, Proceedings of the IFIP TC13 workshop on Closing the gaps: Software engineering and Human-Computer Interaction*, 2003.
- [TREV 03] Trevisan, D., Vanderdonckt, J. Macq, B.: « Model- Based Approach and Augmented Reality Systems ». In *Proc. of HCI International'03*, 2003.