

# IDM : instrument de Conception et d'Implémentation des Systèmes Interactifs Mixtes

Guillaume Gauffre  
IRIT - LIHS  
118, route de Narbonne  
31062, Toulouse Cedex 9  
05 61 55 74 05  
gauffre@irit.fr

## RESUME

Avec l'apparition ces dernières années de nouvelles techniques d'interaction, le domaine des Systèmes Interactifs Mixtes s'est considérablement développé. Les technologies sont maintenant suffisamment matures pour envisager la mise en œuvre de systèmes concrets. Pour y parvenir, plusieurs études ont donné naissance à des plates-formes de développement pour les SIM. D'autres travaux se sont focalisés sur des techniques de modélisation pour les phases de conception préliminaires, comme support à l'étude de l'utilisabilité. Ces deux types de travaux demeurent souvent cloisonnés alors que leur complémentarité serait évidemment très profitable. Nos travaux visent donc à mettre en relation les outils et modèles existants pour accompagner l'ensemble du cycle de développement des SIM. A ces fins, nous nous orientons vers l'utilisation de l'Ingénierie Dirigée par les Modèles dont l'objectif est de promouvoir l'utilisation de modèles productifs et non plus seulement contemplatifs. Dans un premier temps, nous nous focalisons sur la liaison entre les phases de conception et d'implémentation par la création du modèle ASUR-IL. Celui-ci a pour finalité de décrire les composants logiciels ainsi que leurs communications, nécessaires à la réalisation d'une technique d'interaction mixte préalablement décrite avec le modèle ASUR. Ainsi chaque composant identifié avec ASUR-IL peut être transposé dans un modèle à composants existant (CCM, JavaBeans, etc.) et donc nous conduire à l'implémentation du système.

## Mots-clés

Systèmes Interactifs Mixtes, Conception, Implémentation, IDM.

## ABSTRACT

With the appearance of new techniques of interaction over the last years, the domain of Mixed Interactive Systems developed considerably. Technologies became mature enough to consider the development of concrete systems. For this purpose, several studies produced platforms of development for Mixed Interactive Systems. Others works focused on modelling techniques for the early phases of design, as support of the usability study. These two types of work remain often partitioned whereas their collaboration would be obviously very efficient. Our work aims to connect the existing tools and models to support the entire development process of mixed systems. This is the reason why, we head for the use of the Models Driven Engineering whose objective is to promote the use of productive models instead of contemplative models. At first, we focus ourselves on the connection between the phases of design and implementation by the creation of the model ASUR-IL. Its objective is to describe the software components and their communications, needed to the realization of a mixed interaction technique previously described

with ASUR. Thus each component identified with ASUR-IL can be transposed in an existing components model (CCM, JavaBeans, etc) and finally lead us to the implementation of the system.

## Categories and Subject Descriptors

H.5.2 [User Interfaces]: Theory and Methods ; D.2.2 [Design Tools and Techniques]: User Interfaces.

## General Terms

Design

## Keywords

Mixed Interactive Systems, Design, Implementation, MDE.

## 1. INTRODUCTION

Le terme de Systèmes Interactifs Mixtes est utilisé pour qualifier les systèmes interactifs mêlant monde physique et monde numérique. Ainsi Réalité Augmentée, Virtualité Augmentée ou Interfaces Tangibles se retrouvent sous cette dénomination. Ce domaine connaît à l'heure actuelle un accroissement de la demande ainsi qu'une diversification de celle-ci. Les applications à caractère militaire ou médical ne sont plus les seules à être développées, le champ est maintenant plus vaste : jeux, éducation, musées, etc. Afin de faire face à l'évolution de cette demande, la mise en place d'approches systématiques de développement est incontournable. En effet, les réalisations ad hoc obtiennent des résultats performants mais leur manque de modularité handicape l'évolution des systèmes et leur temps de développement demeure bien trop élevé. Pour y remédier, une évolution des méthodes et outils actuellement utilisés en IHM est nécessaire pour prendre en compte les spécificités des SIM.

## 2. CONTEXTE

La plupart des travaux réalisés jusqu' alors, ont consisté en la réalisation de prototypes mettant en avant de nouvelles techniques d'interaction. De nombreux autres domaines, comme par exemple le traitement d'image et le suivi de mouvement, participent à l'évolution de ces techniques et chaque nouvelle avancée est source de stimulation dans le domaine.

### 2.1 Avancées logicielles

Chaque prototype présenté enrichit le panel des techniques d'interaction offertes aux concepteurs. Afin de tendre vers une réutilisation de celles-ci, le premier réflexe est de capitaliser ces avancées sous forme de bibliothèques logicielles en s'efforçant d'utiliser les langages de programmation et les plates-formes d'exécution les plus courants. Ainsi, il est devenu aisé d'utiliser la bibliothèque de détection de marqueurs ARTToolKit ou le système de capteurs Phidgets. Néanmoins, pour la réalisation de systèmes

concrets et de plus grande envergure, une vision globale du système est nécessaire afin de favoriser la collaboration entre les acteurs du développement. Afin d'y parvenir, plusieurs travaux ont mené à la réalisation de plates-formes de développements spécifiques aux SIM. Citons entre autre AMIRE [10] et DWARF [1], qui décomposent le système en un assemblage de composants logiciels appartenant chacun à une catégorie de services. Ceux-ci peuvent être des services spécifiques aux SIM (systèmes de suivi) ou des services plus génériques (accès aux bases de données). L'implémentation en est d'autant plus facilitée que l'accent est mis sur les mécanismes permettant l'assemblage de composants via l'utilisation de standards comme CCM ou JavaBeans. Les concepteurs ne manipulent plus uniquement du code mais des concepts connus par l'ensemble des intervenants (experts du domaine, développeurs, ergonomes, etc.). Ainsi les capacités d'évolution et d'adaptation des systèmes sont accrues, favorisant leur pérennité.

## 2.2 Approches par modèles

Nous venons de présenter différentes études qualifiées d'approches ascendantes. A l'opposé, les approches descendantes mettent en œuvre des outils permettant de respecter au mieux les exigences des utilisateurs. Dans le domaine de l'IHM, la pertinence de l'utilisation d'un ensemble d'outils de modélisation, adoptant différents points de vue sur le système à concevoir, n'est plus à démontrer. Trevisan reprend ces modèles traditionnels de l'IHM en introduisant de nouveaux aspects de conception propres [15] aux SIM. ASUR [8] et IRVO [3] poursuivent le même objectif. Ce sont deux modèles de l'interaction mixte qui décrivent différents aspects des éléments physiques ou numériques constituant la situation d'interaction ainsi que leurs échanges de données. Le Modèle de l'Interaction Mixte [5] constitue un autre point de vue avec lequel le point de départ de la conception est l'ensemble des objets physiques et numériques à disposition et non la tâche à réaliser.

L'utilisation de modèles de conception préliminaires est aussi très présente dans le domaine particulier des interfaces tangibles. Ishii & Ullmer propose une adaptation de MVC, MCRpd [11] ou pour la première fois est mis en avant le lien fort existant entre objets physiques et objets numériques. Une autre approche, le paradigme TAC [14] exprime pour chaque composant tangible, les actions possibles, les données représentées et les relations avec les autres composants. Enfin, les auteurs de l'outil PapierMaché [12] ont souhaité aller au-delà de l'utilisation des modèles uniquement dans un objectif descriptif. L'outil permet de décrire une situation d'interaction tangible et d'associer des technologies existantes afin d'obtenir rapidement l'implémentation du système. Ces travaux ont leur particularité mais tous ont intégré la notion d'architecture logicielle (sur la base de MVC) ainsi que le lien entre noyau fonctionnel et la partie propre à l'interaction du système.

Enfin deux approches envisagent un rapprochement des phases de conception et d'implémentation, mais néanmoins non systématisé. Dans le contexte des SIM collaboratifs mobiles [13], l'articulation des deux phases se fait en utilisant les résultats de conception par scénarios pour alimenter un modèle d'architecture, Pac-Amodeus. Ainsi les éléments de conception sont transposés sur un modèle d'architecture qui permet tout en s'affranchissant des plateformes et outils de décrire la composition du système. Une seconde approche, CoCSys [6], orientée vers la conception de systèmes

collaboratifs, offre un cadre de conception pour les SIM en incluant le modèle IRVO. Un modèle de comportement est dérivé à partir de l'analyse de scénarios. Celui-ci subit ensuite une phase de contextualisation et d'adaptation pour être projeté sur une architecture logicielle basée AMF-C.

## 2.3 Eléments fondamentaux pour le développement des SIM

Il apparaît donc au travers des travaux existants que d'une part les technologies sont mûres pour une exploitation à plus grande échelle et que d'autre part, l'utilisation d'un modèle d'architecture constitue un pilier permettant d'asseoir la phase de conception logicielle sur les résultats de conception préliminaire. L'implémentation des systèmes se fait systématiquement sur des modèles à composants (CCM ou JavaBeans) favorisant ainsi la modularité des systèmes. Enfin, pour une qualité accrue des systèmes, l'utilisation de modèles de conception de haut niveau et leur combinaison apparaît comme étant primordial.

## 3. CONCEPTION & IMPLEMENTATION DES SYSTEMES MIXTES

A la vue des progrès du domaine, il apparaît donc urgent d'initier la création d'un processus complet de réalisation des SIM [7]. Pour faire face à ce projet ambitieux, nous souhaitons tout d'abord ancrer la phase d'implémentation du système autour des résultats de conception. Il s'agit donc de systématiser la conception de l'architecture logicielle à partir de modèles de conception préliminaire. Pour y parvenir, nous avons choisi de nous appuyer sur le modèle de conception de SIM ASUR, auquel nous associons une extension couvrant les aspects liés à l'architecture logicielle des systèmes.

### 3.1 ASUR

ASUR est un modèle de conception entièrement dédié aux SIM qui constitue un bon moyen d'exploration des diverses solutions d'interaction, notamment grâce à son éditeur GuideMe. Il permet d'identifier pour une tâche effectuée dans une situation d'interaction mixte, les objets physiques, les composants numériques et les composants chargés d'interfacer mondes physique et numérique (Adaptateurs). L'intégration de ce modèle au cœur d'une méthode de conception participative [7] permet de stimuler la phase de conception préliminaire tout en offrant un outil pour en recueillir les résultats. En sortie le modèle décrit l'ensemble des composants intervenants et leurs relations, chacun documenté par un ensemble de caractéristiques. De plus, il est possible d'effectuer une analyse prédictive de certains aspects de l'utilisabilité du système. Pour cela, le concepteur peut définir des propriétés ergonomiques issues de la combinaison des différentes caractéristiques des composants et relations.

Comme la plupart des approches de conception de haut niveau, ces résultats de conception ne sont pas réutilisés lors de l'implémentation du système, c'est pourquoi nous présentons ASUR-IL qui reprend ces résultats afin de préparer le développement du système.

### 3.2 ASUR-Implementation Layer

Ce modèle permet d'offrir une vision globale des composants logiciels impliqués dans l'interaction ainsi que les passerelles vers les services du noyau fonctionnel. Les résultats de la conception ASUR, des diagrammes et des caractéristiques, sont traduits en

fonction d'un ensemble de règles pour déterminer l'essentiel d'un diagramme ASUR-IL. Une fois la transformation effectuée, le concepteur enrichi le diagramme de nouvelles informations, par exemple, il peut ajouter des variables à un composant, choisir de réutiliser un composant préexistant.

### 3.2.1 Principes fondamentaux

La vue du système proposée par ASUR-IL reprend la décomposition initiée par MVC dont l'objectif principal était la séparation des éléments de comportement d'un composant interactif des éléments de représentation. Cette séparation favorise la modularité d'un système ainsi que la prise en compte de nombreuses modalités d'interaction. Ce découplage entre action et perception est primordial pour les SIM à l'opposé des systèmes WIMP qui liaient spatialement l'exécution et l'évaluation sur un même composant interactif.

En fonction des composants et relations ASUR, et de leurs caractéristiques, les composants ASUR-IL ainsi que leurs communications sont déduits. Chaque composant Adaptateur de ASUR (permettant d'interfacer les mondes numérique et physique) donne naissance à un adaptateur ASUR-IL, représentant le matériel impliqué ainsi que la couche logicielle permettant sa mise en œuvre. Chaque composant du Système ASUR (composants numériques) correspond à une entité ASUR-IL qui est structurée à la manière de MVC. Ainsi chaque entité possède un Modèle effectuant le lien avec les fonctionnalités du système et les autres entités. Celui-ci est connecté à un ou plusieurs Contrôleurs en charge de l'interprétation des entrées du système. L'état du modèle est représenté par une ou plusieurs Vues. Afin de les connecter au monde physique, chaque Vue/Contrôleur est connecté à un Adaptateur. La Figure 1 illustre les composants ASUR-IL et une description détaillée est disponible dans [7]

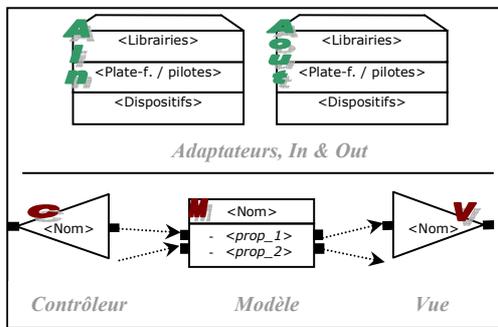


Figure 1 : Composants ASUR-IL

Chacun de ces composants est alors développé ou réutilisé afin de créer l'assemblage correspondant sur une plateforme d'exécution donnée. Jusqu'à présent nous avons implémenté les différents composants en utilisant le modèle des JavaBeans. Ceux-ci sont par la suite instanciés et connectés sur la plateforme WComp, spécialement conçu pour le prototypage de systèmes interactifs portés.

### 3.2.2 Apports et Limites

ASUR-IL n'est pas une description purement logicielle des composants : nous souhaitons en effet fournir un niveau d'abstraction adapté, laissant encore la place à des choix indépendants des plateformes de développement. Le rôle des

composants présent dans la modélisation ASUR est traduit par le type des composants ASUR-IL de même que les communications. Les caractéristiques des composants et relations ASUR influent sur la définition de leurs équivalents ASUR-IL. Outre les éléments de structuration, le contenu technique est enrichi : données manipulées, matériel, librairies logicielles, etc. Le modèle ASUR-IL offre donc un outil d'élaboration progressif de l'architecture logicielle des SIM.

ASUR-IL décrit les composants logiciels tant au niveau des concepts manipulés que les types de connexions possibles, leur implémentation n'est pour le moment aucunement systématisée. L'effort de codage en fonction des plateformes à composants reste à la charge du développeur. Il serait profitable d'offrir des procédés de génération des squelettes de ces composants, et de compléter la description du comportement de ces composants.

Enfin, ASUR-IL reçoit en entrée uniquement des données du modèle ASUR. Cette opération n'est pas encore outillée et nécessite donc une évolution de l'éditeur GuideMe par exemple. Au delà de cet aspect matériel, il est nécessaire de permettre la prise en compte d'autres modèles de conception comme par exemple les modèles de tâches ou du contexte : transformations et tissages de modèles sont donc au cœur de l'articulation des phases de conception et d'implémentation des SIM.

## 3.3 L'IDM, support au couplage

Afin de systématiser notre démarche, un ensemble d'outil doit donc être proposés. Ils permettront d'établir des liens formels entre les différents modèles, entre les phases de conception et d'implémentation. L'approche qui nous paraît la plus appropriée est l'Ingénierie Dirigée par les Modèles. Comme nous l'avons vu, l'utilisation de techniques de modélisation est loin d'être une nouveauté. En revanche, leur utilisation est bien trop souvent à but purement descriptif alors que les informations produites pourraient être le support au développement d'une partie plus ou moins importante des systèmes. Le point de vue de l'IDM est aussi très intéressant puisqu'il se positionne à l'opposé de l'unification des différents modèles de conception des systèmes vers un seul et unique standard (UML). L'IDM préconise en effet une mise en relation des modèles existant par la définition de Domain Specific Language en proposant un ensemble d'outil permettant leur manipulation et leur utilisation combinée.

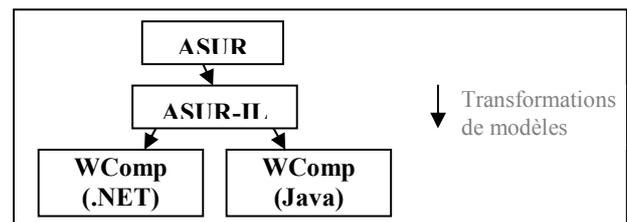


Figure 2 : Transformations à mettre en oeuvre

La première étape vers un support IDM au niveau de la phase d'implémentation est la description du métamodèle ASUR-IL. Cette opération est en cours et va offrir une documentation précise du modèle. Ceci permettra par la suite d'exprimer les règles de passage du modèle ASUR vers ASUR-IL. En effet, le métamodèle ASUR [9] existant déjà, nous pourrions exprimer ces règles par des transformations de modèles. En parallèle, il s'agira également d'exprimer des transformations vers les modèles à composants ciblés, cf. Figure 2.

#### 4. CONCLUSIONS & PERSPECTIVES

Les règles de transformations entre ASUR et ASUR-IL ont été appliquées pour la réalisation de prototypes [7]. Le principe consistait à manipuler des objets numériques (formes géométriques), en utilisant le suivi de marqueurs (ARToolKit) pour la manipulation, et un rendu graphique et audio. Au cours de ces développements, le niveau d'abstraction d'ASUR-IL s'est révélé utile notamment pour continuellement identifier les rôles de chaque composant ainsi que pour identifier l'ensemble des communications inter-composants. Nous avons également illustré la modularité des systèmes notamment en modifiant le type de modalité en entrée et en sortie du système.

A court terme, la réalisation du métamodèle ASUR-IL est notre priorité. Elle permettra d'outiller la démarche et d'approfondir les liens avec ASUR. En effet, plusieurs caractéristiques ASUR ne sont pas utilisées à l'heure actuelle alors qu'elles pourraient accroître l'expressivité des diagrammes ASUR-IL. Cette étude nous permettra d'arrêter la structure du modèle : composants nécessaires, typage des connexions, syntaxe, etc. Par la suite, nous envisageons également de doter ASUR-IL de mécanismes de description du comportement des composants. Les formes d'expressions du comportement pourrait être plus ou moins formelles (graphiques ou textuelles) et/ou intégrant du code natif laissant ainsi une plus grande part de liberté au concepteur.

Pour valider la pertinence de notre approche, nous l'étendrons à des outils de modélisation et de développement de SIM équivalents. Nous souhaitons mettre en place des transformations de MIM [5] vers ASUR-IL (modèle source différent) et de MIM vers ASUR (niveau d'abstraction équivalent), mais aussi de ASUR-IL vers ICARE [2] (modèle cible différent). La définition de transformations entre ces modèles offre une perspective majeure : en considérant une transformation d'un modèle source vers un modèle cible, nous pourrions évaluer l'impact d'une transformation sur une propriété du modèle source dans le modèle cible. Les opérations inverses seront également utiles à l'interprétation et à la vérification des propriétés.

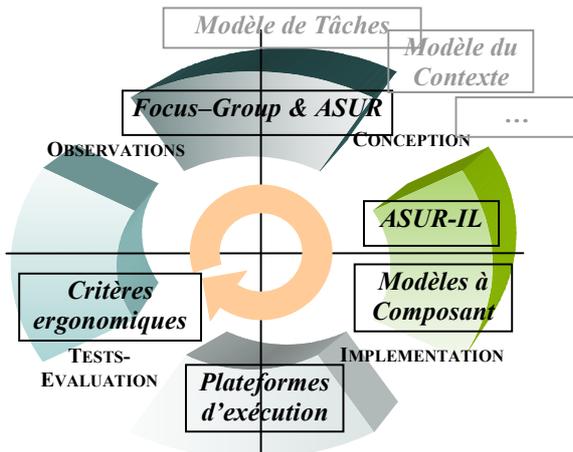


Figure 3 : Cycle itératif de développement

A plus long terme, ces travaux serviront de base à la définition d'un processus complet de développement des SIM dans lequel l'utilisation systématique d'outils de modélisation sera exploitée pleinement de cycle en cycle, cf. Figure 3. Grâce aux outils de

modélisation et de transformations élaborés, l'insertion dans le cycle de réalisation d'outils de modélisation récurrents en IHM (modèles de tâches, du contexte, etc.) sera rendue possible et accentuera la qualité des développements des SIM.

#### 5. REFERENCES

- [1] Bauer, M., Bruegge, B., Klinker, G., MacWilliams, A., Reicher, T., RiB, S., Sandor, C., Wagner, M. Design of a Component-Based Augmented Reality Framework. *Actes de ISAR'01*, New York, USA, 2001, pp. 45-54.
- [2] Bouchet, J., Nigay, L. ICARE: A Component-Based Approach for the Design and Development of Multimodal Interfaces. *Extended Abstracts of CHI'04*, Vienna, Autriche, 2004. pp. 1325-1328
- [3] Chalon, R., David, B. IRVO: an Architectural Model for collaborative interaction in Mixed Reality environments. *Actes de l'atelier MIXER, IUI-CADUI'04*, Funchal, Madeira, 2004, pp. 35-42.
- [4] Cheung Foo Wo, D., Tigli, J-Y., Lavirotte, S., Riveill, M. Wcomp: a Multi-Design Approach for Prototyping Applications using Heterogeneous Resources. *Actes de l'atelier "Rapid System Prototyping"*, Crète, 2006.
- [5] Coutrix, C., Nigay, L. Mixed Reality : A Model of Mixed Interaction. *Actes de AVI '06*, Venise, Italy, 2006, pp. 43-50.
- [6] Delotte, O., David, B., Chalon, R. Task Modelling for Capillary Collaborative Systems based on Scenarios. *Actes de TAMODIA*, Prague, Rep. Tchèque, 2004, pp. 25-31.
- [7] Dubois, E., Gauffre, G., Bach, C., Salembier, P., Participatory Design Meets Mixed Reality Design Models. *Actes de CADUI'06*, Bucarest, Roumanie, 2006.
- [8] Dubois, E., Mansoux, B., Bach, C., Scapin, D., Masserey, G., Viala, J. Un modèle préliminaire des systèmes mixtes. *Actes de IHM'04*, Namur, Belgique, 2004, pp. 61-68.
- [9] Dupuy-Chessa, S., Dubois, E., Requirements & Impacts of Model Driven Engineering on Mixed Systems Design. *Actes de IDM'05*, Paris, 2005, p. 43-54
- [10] Haller, M., Zauner, J., Hartmann, W., Luckeneder, T. A generic framework for a training application based on Mixed Reality. *Tech. report, Upper Austria University of Applied Sciences*, Vienne, 2003.
- [11] Ishii H., Ullmer B. *Emerging Frameworks for Tangible User Interfaces*. IBM Systems Journal 39, 2000, pp. 915-931.
- [12] Klemmer S., Li J., Lin J., Landay J. Papier-Mâché : Toolkit Support for Tangible Input. *Actes de CHI'04*, Vienne, Autriche, 2004, pp. 399-406.
- [13] Renevier, P. Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier, Grenoble, France, 2004.
- [14] Shaer O., Leland N., Calvillo-Gamez E. H., Jacob R. J. K. *The TAC paradigm: specifying tangible user interfaces*. Personal and Ubiquitous Computing 8.5 (2004), pp. 359-369.
- [15] Trevisan D. G., Vanderdonck J., Macq B. Conceptualising mixed spaces of interaction for designing continuous interaction. *Actes de VR'05*, Bonn, Allemagne, 2005, pp. 83-95.