

Modèle d'interaction pour les systèmes mixtes

Céline Coutrix

Laboratoire d'Informatique de Grenoble (LIG), Équipe IHM
B.P. 53
F-38041 Grenoble Cedex 9
Celine.Coutrix@imag.fr

RESUME

Mon travail de thèse traite de la conception des systèmes interactifs mixtes. Ces systèmes mélangent les mondes physique et numérique, et font disparaître la frontière entre ces deux mondes. Face au manque de capitalisation et d'aide lors de la conception de ce genre de système, mes travaux proposent un modèle d'interaction focalisant sur les objets mis en jeu lors de l'interaction. Ce modèle permet la description, la caractérisation, et la génération de techniques d'interaction. Il vise la capitalisation des résultats existants dans ce domaine. Les réalisations pratiques de cette thèse permettent de mettre à l'épreuve ce modèle conceptuel sur des systèmes concrets.

MOTS CLES : IHM, Systèmes mixtes, Réalité augmentée, Couplage physique numérique, Modalité de liaison, Multimodalité.

ABSTRACT

My doctoral research deals with the design of mixed interactive systems. These systems seek to smoothly link the physical and data processing (digital) environments. Facing a lack of capitalization and help when designing such systems, my work address this problem and propose a model of interaction focusing on objects interacting with users. This model allows description, characterization and generation of interaction techniques. It aims at capitalizing existing research results. Practical realisations in this doctoral study allow to test this model on concrete situations.

CATEGORIES AND SUBJECT DESCRIPTORS: D.2.2 [Software Engineering]: Design Tools and Techniques - User interfaces. H.5.2 [Information Interfaces And Presentation] User Interfaces - Graphical user interfaces, Interaction styles, User-centered design, Theory and methods. I.3.6 [Computer Graphics] Methodology and

Techniques - Interaction techniques.

GENERAL TERMS: Design, Theory.

KEYWORDS: HCI, Mixed systems, Augmented reality, Physical digital coupling, Linking modality, Multimodality.

MOTIVATION

Les systèmes interactifs mixtes suscitent un grand intérêt car ils permettent de faire disparaître la frontière entre le monde physique et le monde numérique. On retrouve dans l'appellation « mixte » tous les travaux sur la réalité augmentée, la virtualité augmentée, les interfaces tangibles, etc. De la même façon, les interfaces graphiques avaient suscité un intérêt lors de leur avènement, puisqu'elles ont permis l'accès à l'outil informatique aux non-informaticiens via la manipulation directe. La maturité des interfaces mixtes n'a pas atteint celle des interfaces graphiques, et aujourd'hui nous n'avons pas une maîtrise satisfaisante du cycle analyse-conception-développement-évaluation pour les interfaces mixtes. Pour chaque nouveau système, la conception et le développement repartent de zéro et n'apprennent pas des expériences précédentes. De nombreuses propositions ont été faites, que ce soit pour l'aide à la conception ou au développement, mais elles ne sont pas réunies dans un cadre de travail cohérent. De plus cet ensemble de propositions est perfectible et local. C'est dans ce contexte que s'inscrivent mes travaux de thèse, qui visent à cerner la conception des systèmes mixtes, et à fournir des mécanismes génériques d'aide à la réalisation logicielle.

ETAT D'AVANCEMENT

Dans cette partie sont présentés d'abord les résultats conceptuels des deux premières années de thèse, suivis des résultats des pratiques.

Résultats conceptuels

Mes résultats conceptuels sont organisés au sein d'un modèle de l'interaction avec les systèmes mixtes [3]. Ce modèle d'interaction mixte vise à fournir au concepteur un cadre de réflexion. Il permet de

1. décrire une situation d'interaction,
2. la caractériser, afin pour pouvoir la comparer ou l'évaluer,

- généraliser des idées de techniques d'interaction via l'exploration systématique du cadre fourni par le modèle.

Pour décrire une situation d'interaction, le modèle définit un objet mixte plus précisément qu'un objet à la fois physique et numérique : en effet, il définit le lien entre les deux ensembles de propriétés physiques et numériques par des modalités de liaison, comme le montre la figure 1. Pour définir ces modalités de liaison, le modèle se base sur les deux niveaux d'abstraction de la définition d'une modalité d'interaction [8] comme un couple (*dispositif*, *langage*) noté (d , l). Le dispositif acquiert ou délivre de l'information à partir ou vers le monde physique. Par exemple, la caméra acquiert une image, ou encore le projecteur délivre une image dans le monde physique. Le langage définit un ensemble d'expressions bien formées qui transmettent de l'information. Le terme de modalité de *liaison* est utilisé au niveau d'un objet, par opposition aux modalités d'*interaction* qui définissent l'interaction entre l'utilisateur et un système informatique. Comme le montre la figure 1, un objet mixte peut comporter deux types de modalités de liaison :

- En entrée, une modalité de liaison capte certaines propriétés physiques grâce au dispositif d_e et interprète ces données physiques captées grâce au langage l_e pour constituer une partie des propriétés numériques de l'objet mixte.
- En sortie, une modalité de liaison génère des données à partir des propriétés numériques de l'objet mixte, grâce au langage l_s et traduit ces données générées en propriétés physiques observables par l'utilisateur grâce au dispositif d_s .

Un objet mixte peut comporter une ou plusieurs modalités de liaison en entrée et/ou une ou plusieurs modalités de liaison en sortie.

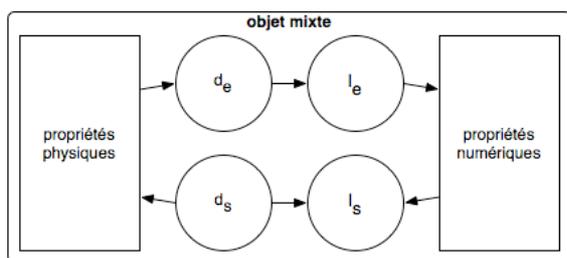


Figure 1 : Un objet mixte avec deux modalités de liaison entre ses propriétés physiques et numériques.

Le modèle d'interaction mixte permet aussi de décrire l'interaction avec de tels objets mixtes, comme dans l'exemple de RAZZLE (Réalité Augmentée puZZLE). RAZZLE [2] est un jeu mixte, multimodal et mobile conçu et développé lors de ce travail de thèse. L'utilisateur est équipé d'un laptop dans un sac qu'il porte sur le dos (Figure 2), de lunettes semi transparentes où s'affichent des informations par-dessus le monde physique (Figure 2 et 3), d'un magnétomètre pour capter

l'orientation de son regard, d'un touchpad et enfin d'un micro. Ainsi équipé, l'utilisateur doit se déplacer physiquement sur le terrain de jeu, un espace modélisé au préalable dans le système. Le joueur se déplace pour rechercher et ramasser des pièces de puzzle d'origine numérique éparpillées sur le terrain de jeu. Quand l'utilisateur a trouvé une pièce de puzzle, il s'en approche pour la sélectionner et vérifie que celle-ci est convenablement orientée en la comparant au puzzle modèle. Il la tourne si besoin pour qu'elle s'insère dans le puzzle. Enfin il peut la ramasser. Une fois toutes les pièces ramassées, le joueur peut retourner au lieu de départ pour signifier au système que le jeu est terminé.

Pour illustrer le modèle d'interaction mixte, nous considérons le scénario de RAZZLE où le joueur ramasse une pièce de puzzle sélectionnée grâce à une modalité d'interaction gestuelle (Figure 2). La figure 4 présente la modélisation de cette situation d'interaction : l'utilisateur fait une action dans le monde physique, capturée par la modalité de liaison en entrée de l'outil (*caméra*, *vision*) pour mettre à jour le geste reconnu. La modification des propriétés numériques de l'outil mixte entraîne la traduction par le langage d'interaction de ces propriétés en tâche élémentaire : le geste de saisie reconnu se transforme en « ramasser la pièce de puzzle ». La tâche élémentaire s'applique ensuite aux propriétés numériques de la pièce de puzzle (objet de la tâche mixte). Une fois les modifications apportées aux propriétés numériques de l'objet de la tâche, celui-ci rend observable ce changement d'état interne grâce au retour d'information et à sa modalité de liaison en sortie : la pièce qui vient d'être ramassée n'est plus affichée dans les lunettes. Sur le schéma de la figure 4, nous remarquons que l'outil mixte est le dispositif de la modalité d'*interaction* et qu'il est donc associé à un langage d'*interaction*. On rend donc lisibles dans ce modèle les modalités d'interactions au sein des systèmes mixtes.



Figure 2 : Un joueur attrapant une pièce de puzzle avec la modalité gestuelle dans RAZZLE.

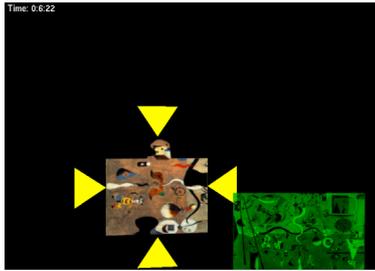


Figure 3 : Vue d'une pièce sélectionnée, affichée dans les lunettes semi transparentes (les pixels noirs sont transparents).

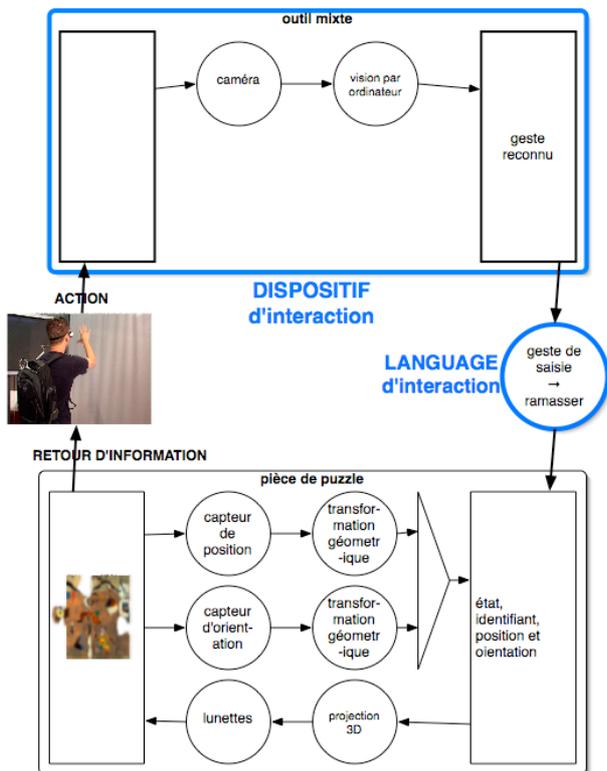


Figure 4 : Modélisation du ramassage d'une pièce de puzzle dans RAZZLE grâce à la modalité d'interaction gestuelle.

Le modèle permet ensuite de caractériser une modalisation, via un ensemble de caractéristiques, réunies en caractéristiques intrinsèques et extrinsèques d'un objet mixte. Les caractéristiques intrinsèques, c'est-à-dire hors contexte d'interaction, resteront inchangées pour un autre système : cette classification favorise donc la réutilisation des choix de conception. L'intérêt de ces caractéristiques aujourd'hui réside dans leur pouvoir taxonomique, comme présenté dans [1].

Le travail conceptuel de cette recherche doctorale vise la capitalisation des résultats existants dans le domaine de recherche des systèmes mixtes, mais aussi dans le domaine des modalités d'interaction et de la multimodalité, domaine orthogonal au premier. Le but de cette recherche n'est pas de présenter encore un autre modèle qui n'améliorerait pas la lisibilité du domaine, mais de sys-

tématiquement étudier les autres propositions à la lumière de ce modèle.

Réalisations pratiques

Les réalisations pratiques visent à concevoir, développer, et évaluer des systèmes interactifs afin de mettre à l'épreuve le modèle d'interaction mixte par son utilisation concrète dans le cycle de vie d'un système. De plus, ces réalisations tentent de se situer autant que possible dans le contexte pluridisciplinaire de l'interaction homme machine en s'ouvrant aux autres disciplines, telles que les sciences humaines et les arts appliqués.

La première expérience de conception et développement d'un système mixte fut celle de RAZZLE [2] (figures 2 et 3). Cette réalisation nous a permis de mettre à l'épreuve une première fois les capacités comparatives et génératives du modèle d'interaction mixte [2]. Le travail d'évaluation expérimentale a été fait en collaboration avec une ergonome. Les résultats de cette évaluation sont présentés dans [2].

Un second jeu a été conçu, dans le cadre du projet MO-SAIC (MOBILE Search and Annotation using Images in Context). Il s'agit d'un jeu reprenant le memory classique à l'échelle de la ville, pour une visite touristique et ludique. Dans ce jeu, le joueur est équipé d'un téléphone portable, d'un GPS, et d'un senseur SHAKE [11]. Il suit un parcours touristique dans la ville, et doit trouver où sont placées les paires d'objets mixtes. Les paires sont constituées de deux objets de natures différentes : l'un vient du monde physique (objet physique augmenté par des propriétés numériques), l'autre est d'origine numérique (objet numérique augmenté par des propriétés physiques). L'objet de la réalisation de ce système était de tester encore une fois l'apport du modèle d'interaction mixte en phase de conception. Un second objectif sera l'évaluation expérimentale de mêmes techniques d'interaction utilisées sur deux types d'objets de la tâche. Un troisième système a été conçu et partiellement développé : ORBIS (mot latin désignant un objet circulaire, comme un cercle, une sphère, ou un anneau, etc.). Présenté dans la figure 5, ORBIS est un système permettant d'interagir avec ses données personnelles multimédia (photo, musique, vidéo) de façon individuelle ou partagée. Ce système a été conçu et réalisé en collaboration avec un designer industriel.

Ces systèmes, si leur conception visait à mettre concrètement à l'épreuve le modèle d'interaction mixte, ont posé des questions quant à leur réalisation logicielle. Par exemple, lors du développement de RAZZLE, le code correspondant aux objets mixtes est réparti le long de l'arche de l'architecture de PAC-Amodeus [9]. Le passage de la conception au développement logiciel n'a donc pas été rapide. Aux vues des contraintes et problèmes rencontrés lors du développement de ce système, un manque de mécanismes génériques d'aide à la réalisation logicielle des objets mixtes et de leurs interactions a été identifié. Lors du développement d'ORBIS, c'est une ar-

chitecture liée à la modélisation qui a été respectée. Le logiciel est ainsi plus lisible est le passage de la conception au développement a été plus rapide.



Figure 5 : Presser le corps en silicone d'ORBIS pour mettre en route la lecture d'un diaporama.

PERSPECTIVES

Du point de vue conceptuel, le but de la troisième année de thèse sera d'étudier et évaluer l'intérêt des caractérisations intrinsèques et extrinsèques pour la conception, par exemple en demandant à des paires d'équipes distinctes de concevoir un système mixte avec et sans le modèle. Un autre aspect sera l'étude de l'articulation entre ce modèle et d'autres, comme ASUR [4], afin de toujours maintenir à jour la position du modèle d'interaction mixte dans ce domaine dynamique. Enfin il s'agira aussi de mieux mesurer l'apport itératif du modèle d'interaction mixte dans un cycle de vie conception-développement-évaluation en le mettant encore à l'épreuve par la conception et réalisation d'autres systèmes.

Pour compléter cette recherche doctorale du point de vue pratique, on effectuera un état de l'art des outils logiciels comme [5],[6] et [7], pouvant participer au prototypage rapide d'objets mixtes. De plus certaines techniques d'interaction réalisées pourront être intégrées dans la plateforme OpenSource du projet européen OpenInterface[10], afin de les rendre accessibles.

REMERCIEMENTS

Vincent Fréville pour sa collaboration sur ORBIS.

Directeur de thèse : Laurence NIGAY (LIG/IIHM)

Début de la thèse : Octobre 2005.

BIBLIOGRAPHIE

1. Coutrix, Nigay, *Interagir avec un objet mixte : propriétés physique et numérique*, IHM'07, à paraître.
2. Coutrix, Nigay, Pasqualetti, Renevier, RAZZLE : de la conception à l'évaluation d'un système mobile et multimodal, UBIMOB'06.
3. Coutrix, Nigay, *Mixed Reality : A Model of Mixed Interaction*, AVI'06, pp. 43-50.
4. Dubois, Gray, *A Design-Oriented Information-Flow Refinement of the ASUR Interaction Model*, EIS'07.
5. François, *SAI: Architecting Distributed Asynchronous Software Systems*, IMSC Technical Report IMSC-05-003, University of Southern California, Los Angeles, September 2005..
6. Greenberg, Fitchett, *Phidgets: easy development of physical interfaces through physical widgets*, UIST'01, pp. 209-218.
7. Kato, Billinghurst, *Marker Tracking and HMD Calibration for a video-based Augmented Reality Conferencing System*, IWAR'99.
8. Nigay, Coutaz, *Multifeature Systems: The CARE Properties and Their Impact on Software Design. Intelligence and Multimodality in Multimedia Interfaces*, AAAI Press, 1997.
9. Nigay *Conception et modélisation logicielles des systèmes interactifs : Application aux interfaces multimodales*. Thèse de Doctorat, janvier 1994.
10. OpenInterface. European FP6 STREP focusing on an open source platform for multimodality (FP6-035182). www.oi-project.org
11. Williamson, Murray-Smith, Hughes, Shoogle: excitatory multimodal interaction on mobile devices, pp. 121-124.