

Proposition de projet commun INRIA-LRI

IN SITU

15 juin 2002

Sommaire

| | |
|--|----|
| Composition de l'équipe | 2 |
| Motivations et objectifs | 2 |
| Approche et résultats attendus | 5 |
| Thèmes de recherches | 7 |
| Domaines d'application | 10 |
| Objectif à quatre ans | 10 |
| Justification d'un projet commun INRIA-LRI | 11 |
| Collaborations | 12 |
| Animation de la recherche | 14 |
| Logiciels et brevets | 15 |
| Enseignement | 16 |
| Publications récentes du groupe IHM du LRI | 16 |
| Références | 19 |

Composition de l'équipe

Responsable :

Wendy Mackay (INRIA)

Personnels permanents :

Michel Beaudouin-Lafon (Professeur, Université Paris-Sud)

Jean-Daniel Fekete (Chargé de Recherches, INRIA Futurs)

Nicolas Roussel (Maître de Conférences, Université Paris-Sud)

Personnels sur contrat :

Stéphane Conversy (Ingénieur de Recherche CDD, Université Paris-Sud)

Elizabeth Dykstra-Erickson (Ingénieur Expert, INRIA Rocquencourt)

Helen Evans (Ingénieur d'Etudes CDD, Université Paris-Sud)

Heika Hansen (Ingénieur d'Etudes CDD, Université Paris-Sud)

Collaborateurs extérieurs :

Yves Guiard (Directeur de Recherche CNRS, Université de la Méditerranée)

Catherine Letondal (Ingénieur de Recherche, Institut Pasteur)

Doctorants :

Olivier Beaudoux (ESEO, Angers)

Renaud Blanch (Allocation de recherche MENRT, Université Paris-Sud)

Frédéric Bourgeois (Allocation de recherche MENRT, Université de la

Méditerranée) - co-encadrement avec Y. Guiard

Visiteurs :

Dennis Pasveer (Université Catholique, Nijmegen) - janvier-août 2002

Shumin Zhai (IBM Almaden Research Center, USA) - juin-août 2002

Motivations et objectifs

Contexte

L'interaction homme-machine (IHM) s'intéresse à tous les aspects de la conception, du développement et de l'évaluation de systèmes interactifs, c'est-à-dire de systèmes qui sont ouverts sur leur environnement et qui doivent être capables à tout instant de produire des représentations de leur état interne et de répondre à des entrées issues de l'environnement et notamment d'utilisateurs humains. Sur un plan formel, les systèmes interactifs se distinguent des systèmes algorithmiques largement étudiés par l'informatique par une plus grande puissance d'expression (Wegner, 1997). Sur un plan pratique, le fait que l'interaction implique des utilisateurs humains pose la question cruciale de l'adéquation entre les caractéristiques du système et les caractéristiques sensori-motrices, cognitives et sociales des utilisateurs. L'IHM se présente donc d'emblée comme un domaine qui combine aspects informatiques (réalisation du système) et aspects humains (adéquation aux utilisateurs et aux usages).

Les travaux de recherche en interaction homme-machine se sont historiquement scindés en deux catégories (Beaudouin-Lafon, 2000a) : l'approche anthropomorphique et l'approche instrumentale. Selon l'approche anthropomorphique, l'ordinateur est un partenaire auquel on délègue des tâches. Le but est de conférer à l'ordinateur des capacités de communication et de raisonnement comparables à celles de l'être humain ; les agents intelligents et les systèmes à base de communication en langage naturel en sont des exemples. Selon l'approche instrumentale, l'ordinateur est un instrument ou un outil qui permet à l'utilisateur d'accomplir des tâches qu'il ne pourrait accomplir seul, tout au moins de façon aussi efficace. Le but est d'étendre, de compléter et d'augmenter les capacités de l'être humain ; les tableurs et les systèmes de contrôle de processus comme le contrôle du trafic aérien en sont des exemples. Le projet IN SITU se place

résolument dans la perspective instrumentale, tout en reconnaissant que ces deux approches sont amenées à se compléter plutôt qu'à se concurrencer.

Enjeux

L'approche instrumentale est incarnée aujourd'hui essentiellement par les interfaces dites graphiques, créées dans les années 80 avec le Xerox Star (Johnson et al, 1989) et popularisées par les environnements de type "desktop" du Macintosh puis de Windows. Depuis 20 ans, cependant, ces interfaces ont peu changé. Alors que la puissance des machines (vitesse du processeur, taille mémoire, espace disque) a été multipliée par un facteur 1000, les périphériques d'entrée (clavier et souris) et de sortie (écran bitmap d'environ 1 méga-pixels) sont restés pratiquement inchangés. Au niveau logiciel, le modèle du "desktop" exécutant un ensemble d'applications est devenu standard à tel point qu'il est difficile d'imaginer d'autres approches. Enfin les interfaces dites graphiques sont souvent des interfaces essentiellement conversationnelles basées sur le remplissage de formulaires ou de boîtes de dialogues, techniques mal adaptées aux capacités humaines et tirant mal parti des capacités des ordinateurs actuels.

Ce type d'interfaces atteint aujourd'hui ses limites, pour plusieurs raisons :

- **le public des systèmes interactifs est chaque jour plus divers.** Les interfaces actuelles sont trop complexes par rapport aux besoins de la plupart des utilisateurs. Elles ne sont pas adaptées à leurs contextes d'usage et elles ne sont pas intégrées de façon satisfaisante à l'environnement de travail. De plus, l'ajout permanent de nouvelles fonctionnalités tend à aggraver la situation.
- **les plates-formes matérielles se multiplient.** Du téléphone mobile et du PDA au workbench et au mur d'images, ces nouvelles plates-formes ne peuvent se satisfaire des interfaces développées pour l'ordinateur de bureau. Ce dernier n'est pas pour autant près de disparaître, mais au contraire il doit devenir interopérable avec ces nouvelles plates-formes.
- **les quantités de données à gérer deviennent gigantesques.** On n'a pas pris la mesure des problèmes d'échelle lorsque les interfaces de type desktop ont été conçues. Ils sont aujourd'hui une cause majeure de surcharge cognitive, de dégradation des performances, d'erreurs de manipulation
- **l'ordinateur est devenu un médium de communication.** La convergence de l'informatique et des télécommunications impose d'intégrer au cœur des systèmes interactifs les capacités de partage de données en temps réel, de collaboration distante et de coordination.

Avec l'explosion des réseaux, de la puissance des machines et des périphériques d'entrée-sortie, les conditions sont réunies pour imaginer et réaliser la prochaine génération de systèmes interactifs.

Objectifs

Le projet IN SITU vise à répondre aux enjeux ci-dessus en développant de nouvelles techniques d'interaction, de nouveaux outils pour mettre en œuvre ces techniques, et de nouvelles méthodologies pour maîtriser le processus de conception. Par rapport aux interfaces graphiques actuelles, il s'agit de créer des *interfaces situées*, c'est-à-dire adaptées (ou adaptables) à leurs contextes d'usage et exploitant au mieux la complémentarité entre systèmes informatiques et utilisateurs humains. Le terme "situé" fait référence à la notion d'action située de Suchman (1987) : en situation d'interaction, l'être humain agit le plus souvent en fonction du contexte de la situation plutôt qu'en fonction de plans pré-déterminés.

La vision à long terme est de réaliser une nouvelle génération d'environnements interactifs destinés à supplanter les interfaces graphiques actuelles. Nous restons dans le cadre des interfaces essentiellement 2D : les interfaces 3D, immersives ou

non, font l'objet d'autres projets, notamment à l'INRIA, et même si le recours à la 3D voire l'immersion n'est pas exclus, il ne constitue pas le fondement du projet.

Les problèmes scientifiques et technologiques auxquels s'attaque le projet IN SITU sont les suivants :

- **la flexibilité.** La clé de l'interaction située est la possibilité d'adapter le système interactif au contexte d'usage (l'utilisateur, la tâche, la plate-forme, l'environnement, etc.). Alors que les environnements actuels sont monolithiques et rigides (Harris & Henderson, 1999), il est indispensable d'offrir une réelle flexibilité dans la constitution, la configuration et l'évolution des systèmes interactifs de demain. Les approches à base de composants, les systèmes réflexifs ou à implémentation ouverte, la programmation par l'utilisateur sont des pistes trop peu explorées dans le contexte des systèmes interactifs et qu'il convient de développer.

- **l'intégration entre monde physique et monde informatique.** L'interdépendance entre objets du monde physique et objets informatiques augmente chaque jour. Le mythe du bureau sans papier, par exemple, s'est avéré irréaliste. Les travaux de recherche sur les interfaces tangibles (Ishii & Ullmer, 1997), la réalité augmentée (Wellner, Mackay & Gold, 1993) et l'informatique disséminée ou UbiComp (Weiser, 1991) sont en pleine expansion pour exploiter les facultés humaines à interagir avec ou à travers des objets physiques. L'unification de ces techniques d'interaction avec celles des interfaces graphiques ou instrumentales reste à faire, et représente un défi aussi bien technologique que scientifique.

- **le passage à l'échelle.** Les environnements graphiques traditionnels sont peu adaptés au traitement de grandes quantités de données : il est difficile, par exemple, d'appliquer un traitement réalisé sur un fichier à un ensemble de fichiers. De ce point de vue, les possibilités de programmation donnent accès à une puissance d'expression supérieure. A l'inverse, les travaux récents en visualisation interactive d'information, comme les requêtes dynamiques (Ahlberg et al, 1992) ou les interfaces zoomables (Perlin & Fox, 1993) exploitent les capacités du système visuel humain, en particulier le couplage perception-action, pour faciliter les tâches exploratoires. La capacité de traiter de grandes quantités de données passe par la convergence entre bases de données, visualisation d'information, techniques d'indexation et environnements interactifs.

- **la dimension coopérative.** Alors que l'usage de l'ordinateur est essentiellement individuel, la majorité des activités humaines sont collectives. Des résultats ont été obtenus depuis plus de 20 ans, comme l'édition partagée de documents (Greenberg & Roseman, 1999) et le support à la communication informelle ou médiaspace (Mackay, 1999a), mais ces travaux sont peu sortis des laboratoires. Les fonctionnalités collectives doivent être intégrées au cœur des environnements interactifs, et permettre de passer sans heurt d'un mode de collaboration à un autre. Les problèmes de passage à l'échelle, de robustesse et de sécurité doivent également être traités.

- **l'intégration.** La création de véritables environnements interactifs requiert de maîtriser l'intégration de différentes techniques d'interaction. En effet, la juxtaposition de techniques d'interaction efficaces ne garantit pas l'efficacité du résultat. La méthode principalement utilisée actuellement est l'évaluation a posteriori. Une approche plus pro-active est nécessaire, qui part des méthodes de conception et aboutit à des outils logiciels facilitant cette intégration.

L'objectif d'intégration rend plus ardues les autres problèmes ci-dessus. Par exemple, la flexibilité implique que l'utilisateur puisse choisir les techniques d'interaction qu'il souhaite utiliser, et/ou que le système impose des techniques d'interaction en fonction des capacités de la plate-forme. L'intégration de techniques d'interaction n'est plus alors un problème à résoudre de façon ad hoc par les concepteurs, mais de façon générique car les combinaisons qui seront

effectivement mises en œuvre ne peuvent être toutes anticipées : il faut inventer un véritable langage de l'interaction.

Approche et résultats attendus

Démarche scientifique

L'informatique repose beaucoup sur des *théories formelles*, qui, à l'instar des mathématiques, s'évaluent d'abord par leur cohérence interne. Les sciences humaines, comme la sociologie et une partie de la psychologie, reposent plutôt sur des *théories descriptives* qui permettent de comprendre les phénomènes observés sans chercher à les prédire. Certains aspects des sciences humaines et des sciences du vivant, et une grande partie des sciences de la nature, notamment la physique, reposent sur des *théories prédictives* qui "expliquent" sous forme de lois quantitatives les phénomènes observés et permettent leur anticipation. Les domaines liés à l'ingénierie, telles les sciences pour l'ingénieur et une bonne partie de l'informatique dont l'IHM, reposent sur des *théories génératives* qui utilisent nos connaissances des phénomènes observés pour créer de nouveaux artefacts dont les propriétés peuvent être en partie contrôlées.

Notre démarche scientifique se réclame de l'approche générative dans la mesure où notre objectif est de produire des prototypes, des méthodes et des outils logiciels permettant de mieux maîtriser la conception, le développement et l'évaluation de systèmes interactifs. On peut schématiser la démarche que nous employons par les étapes suivantes :

- *Invention* : production d'idées et de concepts ;
- *Innovation* : mise en œuvre et validation de ces idées et concepts dans des artefacts (applications, démonstrateurs et prototypes) ;
- *Élaboration* : création de modèles et de méthodes par abstraction ;
- *Réalisation* : mise en œuvre des modèles et méthodes dans des outils logiciels tels que les boîtes à outils d'interface.

Cette démarche requiert une approche pluridisciplinaire. D'une part, les domaines du design (design industriel, design graphique, architecture, etc.) nous apportent la dimension indispensable de la créativité. D'autre part, les sciences de l'homme nous fournissent les théories et modèles nécessaires à l'étude et à la maîtrise du facteur humain dans les systèmes interactifs. Enfin les sciences de l'ingénieur (essentiellement l'informatique) permettent la mise en œuvre des résultats dans des logiciels et des systèmes.

Cette démarche peut être illustrée par un exemple. Le logiciel DIVA (Mackay & Beaudouin-Lafon, 1998) est destiné à l'analyse exploratoire de données multimédia, notamment la vidéo. Ce logiciel est fondé sur le concept de "stream" qui représente les données temporelles comme des *flux* d'événements et non pas comme des séquences ("chunks"), ce que font la plupart des systèmes multimédia et hypermédia. Les streams servent notamment à coder le contenu des vidéos : un utilisateur observe la vidéo et crée un ou plusieurs streams qui représentent son contenu. Une approche formelle nous a conduit à définir une *algèbre de streams* permettant d'effectuer des calculs sur les streams. Par exemple, il est possible de représenter par un stream les situations qui précèdent l'occurrence simultanée de deux événements, et de créer un stream extrait de la vidéo pour les visualiser.

Le prototype DIVA a permis de valider cette approche, tout en mettant en évidence la nécessité de mettre en œuvre des techniques d'interaction et de visualisation adaptées à la manipulation des streams. Ainsi, nous avons développé une technique de visualisation de nombreux streams en temps réel facilitant le repérage de motifs. Par ailleurs, l'algèbre de streams s'est révélée utile dans une utilisation coopérative du prototype, lorsque plusieurs personnes codent les mêmes données et que l'on cherche à trouver un consensus. Enfin, un autre prototype antérieur,

Video Mosaic (Mackay & Pagani, 1994) avait permis de valider l'approche consistant à utiliser la réalité augmentée¹ pour décrire et éditer une organisation temporelle des streams à l'aide d'une représentation spatiale.

Le prototype DIVA, combiné avec d'autres travaux sur les techniques d'interaction, a conduit à la définition du modèle de l'interaction instrumentale (Beaudouin-Lafon, 2000b). Cette abstraction permet de décrire une large gamme de techniques d'interaction, et forme donc une sorte de théorie descriptive de l'interaction graphique, qui n'existait pas jusqu'alors. Selon ce modèle, une interface s'analyse comme un ensemble d'objets d'intérêt que l'utilisateur souhaite manipuler et d'*instruments d'interaction*. Un instrument d'interaction est un médiateur entre l'utilisateur et l'objet manipulé. Par exemple une barre de défilement permet de parcourir un document visualisé dans une fenêtre. L'instrument est lui-même un objet, susceptible d'être manipulé par d'autres instruments ; par exemple, la barre de défilement pourrait être annotée par un autre outil pour y indiquer des repères. Afin de tester le pouvoir génératif de l'interaction instrumentale, ce modèle a été utilisé pour créer un prototype d'éditeur de réseaux de Petri colorés, dans le cadre du projet CPN2000 (Beaudouin-Lafon & Lassen, 2000). Le modèle s'est alors enrichi de trois principes de conception : la réification, le polymorphisme et la réutilisation (Beaudouin-Lafon & Mackay, 2000). Ces principes guident la création et la composition de nouveaux instruments. Par exemple, la *réification* consiste à transformer des concepts abstraits en objets tangibles de l'interface, en particulier des instruments. Ainsi, la commande d'alignement est réifiée en un instrument appelé guide magnétique permettant d'aligner les objets. La commande d'alignement, souvent complexe, se trouve alors remplacée par des commandes plus simples impliquant les objets à aligner et le guide magnétique : créer un guide, attacher / détacher des objets du guide, déplacer le guide (avec les objets qui y sont attachés).

Cette élaboration du modèle de l'interaction instrumentale nous a conduit récemment à proposer le projet INDIGO accepté par le RNTL, dont l'objectif est la réalisation d'une boîte à outils d'interface, c'est-à-dire d'une couche logicielle de type "middleware" permettant aux développeurs de créer plus aisément des applications interactives utilisant l'approche instrumentale. Typiquement, cette boîte à outils pourrait être utilisée pour créer une nouvelle version du logiciel DIVA d'analyse exploratoire de données multimédia.

Nous pourrions citer d'autres exemples de cette démarche de recherche, dans le domaine de la recherche et de la visualisation d'information, du collecticiel ou de la réalité augmentée.

Contributions attendues

Le projet IN SITU remet en cause un certain nombre de fondements des interfaces graphiques actuelles. Il vise à combiner la puissance d'expression des systèmes programmables avec des concepts naturels pour l'être humain comme la manipulation directe d'objets graphiques ou la réalité augmentée, et à y ajouter la dimension sociale du travail coopératif. Il s'intéresse aussi bien aux techniques d'interaction qu'au processus de conception et à la réalisation d'outils logiciels.

Comme indiqué plus haut, le projet se place dans la perspective de la réalisation d'environnements de nouvelle génération, dans la lignée des travaux qui ont mené à la création des interfaces graphiques actuelles (le Dorado, l'Alto et le Star de

¹ Le terme de *réalité augmentée* est souvent employé pour désigner des systèmes de réalité virtuelle augmentée, dans lesquels l'utilisateur porte un casque de visualisation qui affiche des informations qui se superposent à l'environnement physique (approche par augmentation de l'utilisateur). Dans ce document, nous employons le sens original de Wellner, Mackay et Gold (1993), à savoir un environnement qui intègre des capacités computationnelles dans les objets physiques. Trois approches sont possibles : augmentation de l'objet lui-même, de l'utilisateur ou de l'environnement. La réalité virtuelle augmentée correspond à l'approche par augmentation de la perception de l'utilisateur.

Xerox). De tels environnements représentent un saut qualitatif par rapport à l'existant : aucun environnement actuel n'intègre des techniques d'interaction avancées comme l'interaction bi-manuelle ou la réalité augmentée avec des facilités de personnalisation et un support au travail collaboratif.

Cet objectif à long terme est ambitieux. A moyen terme, le projet IN SITU apportera des contributions significatives dans différents domaines :

- au niveau des fondements de l'IHM : des études sur l'adéquation entre techniques d'interaction et facultés sensori-motrices et cognitives de l'être humain ; des modèles semi-formels pour la description de l'interaction.
- au niveau des techniques d'interaction : des innovations dans le domaine de l'interaction directe, de la visualisation d'information, de la réalité augmentée, du collecticiel.
- au niveau des méthodes de conception de systèmes interactifs : la maîtrise d'un processus de conception participatif grâce au développement de concepts comme la triangulation et la co-évolution ; le développement de principes de conception permettant l'exploration de l'espace de conception et la rationalisation des choix.
- au niveau de l'ingénierie des systèmes interactifs : la mise en œuvre d'approches fondées sur les composants ; des outils logiciels (boîtes à outils) pour la construction de systèmes interactifs.

Thèmes de recherche

Les thèmes de recherches du projet IN SITU s'articulent selon trois axes qui reflètent la démarche scientifique évoquée plus haut :

- Paradigmes et modalités d'interaction ;
- Conception participative ;
- Ingénierie des systèmes interactifs.

Paradigmes et modalités d'interaction

Si les interfaces graphiques de type écran-clavier-souris sont aujourd'hui bien maîtrisées, elles limitent la bande passante de l'interaction homme-machine. De nouvelles techniques d'interaction, de nouveaux paradigmes doivent être explorés pour augmenter cette bande passante et pour mieux adapter les modalités de l'interaction aux capacités humaines.

Dans le domaine de l'interaction graphique sur écran, les interfaces multi-échelle, les systèmes de visualisation interactive d'information, l'interaction bi-manuelle, l'utilisation du son offrent de bonnes perspectives, à condition de relever le défi de l'intégration de ces différentes techniques au sein d'un environnement cohérent. La réalité augmentée, qui procède à l'intégration de capacités de calcul et d'interaction dans les objets et l'environnement physiques, est une voie de recherche prometteuse pour réconcilier les utilisateurs avec l'aspect immatériel des objets informatiques. Enfin l'intégration de la dimension coopérative à tous les aspects de l'interaction homme-machine permettra de répondre à l'une des caractéristiques fondamentales de l'activité humaine : son aspect social.

Thèmes :

- **Réalité augmentée, réalité mixte** : les travaux actuels sur l'intégration entre monde physique et informatique sont souvent centrés sur l'aspect technologique (capteurs, alignement ou "registration", etc.). Notre approche consiste au contraire à partir d'études de cas afin de développer les aspects méthodologiques et fondamentaux de l'intégration physique-informatique (Wellner et al, 1993, Mackay, 1998), poursuivant ainsi les travaux sur le contrôle du trafic aérien (Mackay et al, 1998) et les cahiers de laboratoires augmentés (Mackay & Pothier, 2001).

- **Interfaces multi-échelle** : l'approche multi-échelle consiste à représenter les données à différents niveaux d'échelle afin de contrôler la complexité de l'affichage. La navigation dans les mondes multi-échelle pose des problèmes particuliers, car la géométrie sous-jacente est telle que le plus court chemin d'un point à un autre n'est pas la ligne droite. Ce thème a fait l'objet de travaux récents (Guiard et al, 1999, Bourgeois et al, 2001), dont un article primé (Guiard et al, 2001), qui vont se poursuivre avec l'étude de techniques d'interaction pour la navigation, notamment l'interaction bi-manuelle.
- **Visualisation d'information** : la part croissante de la recherche d'information dans les tâches informatiques requiert de développer des techniques avancées de recherche et de visualisation d'information (Card, Mackinlay & Shneiderman, 1999). D'une part, les quantités de données considérées croissent de façon exponentielle, d'autre part, les besoins des utilisateurs sont de moins en moins spécifiés de façon stricte. La visualisation en vue de l'exploration est donc à privilégier, avec des techniques qui puissent passer à l'échelle, aussi bien du point de vue des capacités de calcul que des capacités d'affichage et d'interaction.
- **Collecticiel** : le support aux activités de groupe requiert des services de partage de documents (édition partagée) d'une part, de communication médiatisée (médiaspaces) d'autre part. Ces aspects sont bien maîtrisés au plan technique, mais les outils permettant leur intégration au cœur d'un environnement interactif manquent. Dans la lignée de nos travaux sur la vidéo (Roussel, 2000, 2001), nous allons développer les modèles et les infrastructures nécessaires à l'émergence d'environnements collecticiels.
- **Approche centrée documents** : les environnements actuels sont centrés sur la notion d'application, ce qui oblige les utilisateurs à jongler entre plusieurs applications pour la plupart de leurs tâches. Une approche centrée sur les documents semble plus pertinente (elle était d'ailleurs au cœur du Xerox Star en 1980), mais n'a pas fait l'objet de beaucoup de travaux. Nous allons développer cette approche (Beaudoux & Beaudouin-Lafon, 2001), qui complète bien le modèle de l'interaction instrumentale (Beaudouin-Lafon, 2000), en nous intéressant notamment à son extension au collecticiel et aux documents physiques.

Conception participative

La conception d'interfaces situées passe par un contact permanent et étroit avec des utilisateurs, dans le cadre d'études de cas, afin non seulement d'évaluer les propositions, mais surtout de mieux comprendre la nature et l'évolution de l'activité humaine pour laquelle on conçoit le système interactif.

La conception participative implique les utilisateurs tout au long du processus de conception. Elle permet de tirer parti de la capacité d'innovation des utilisateurs, de leur connaissance intime et parfois inconsciente de leur activité. Elle permet également au chercheur de s'immerger dans le contexte d'utilisation afin d'adapter le système à ce contexte. Cette prise en compte du contexte est souvent vue comme un obstacle par l'informaticien habitué à l'abstraction qui, par nature, élimine les détails et s'affranchit du contexte. Mais dans l'activité humaine, le contexte est, si l'on peut dire, central. Sans chercher nécessairement à le capter ni à le représenter, il est indispensable de l'intégrer au sein du processus de conception des systèmes interactifs. Les méthodes et les techniques de la conception participative devront donc être développées en explicitant le rôle du contexte.

Thèmes :

- **Triangulation** : la conception, le développement et l'évaluation de systèmes interactifs fait appel à des méthodes issues de différentes disciplines afin de permettre à la fois la créativité, l'exploration systématique de l'espace de conception, et la rationalisation des choix. La triangulation (Mackay &

Fayard, 1997) consiste à combiner et composer ces méthodes de façon à obtenir une meilleure efficacité et une meilleure confiance dans les résultats. Cette approche sera développée, notamment en vue de faire émerger des principes de conception (Beaudouin-Lafon & Mackay, 2000).

- **Co-évolution** : tout utilisateur d'un système informatique (ou d'une technologie en général) doit s'adapter à celle-ci. Mais cette adaptation n'est pas à sens unique : l'utilisateur s'approprie la technologie, la détourne éventuellement, et donc l'adapte à ses besoins (Mackay, 1990, 1991). L'anticipation de cette co-évolution est un enjeu central de la conception de systèmes interactifs. Dans ce but, les méthodes participatives permettent d'explicitier la co-évolution dès la phase de conception. Ces méthodes seront donc développées dans la perspective de réaliser des systèmes à la fois plus faciles à utiliser et plus flexibles.

Ingénierie des systèmes interactifs

L'une des causes majeures de la pauvreté des interfaces commerciales actuelles est le manque d'outils permettant de réduire les coûts de développement d'interfaces avancées. Aussi le développement de nouveaux paradigmes et modalités d'interaction doit aller de pair avec le développement d'outils correspondants et d'architectures logicielles adaptées. La migration vers des environnements centrés sur les documents plutôt que sur les applications, la nécessité de pouvoir configurer et programmer l'environnement pour répondre aux besoins précis d'un contexte d'usage, le support de la collaboration distante, enfin la multiplicité des plates-formes d'exécution conduiront à étudier des architectures à base de composants logiciels pouvant être aisément ajoutés, retirés et substitués dynamiquement.

Ces nouveaux besoins amèneront probablement à remettre en cause des éléments de l'infrastructure (système d'exploitation, protocoles réseau, etc.) généralement considérés comme acquis. Le projet offrira alors l'opportunité de développer des collaborations étroites avec d'autres projets et d'autres équipes afin d'explorer des solutions plus adaptées à ces problèmes.

Thèmes :

- **Architectures logicielles, Composants** : les architectures logicielles pour systèmes interactifs sont relativement monolithiques, alors que les systèmes interactifs sont amenés à être de plus en plus répartis (systèmes de type UbiComp) ; d'autre part, les objectifs de flexibilité imposent de pouvoir ajouter ou substituer dynamiquement des composants au système, voire de le modifier en programmant "dans l'interface" sans interrompre le service. Nous étudierons donc des architectures adaptées, dans la lignée des travaux déjà effectués (Beaudouin-Lafon & Lassen, 2000), en prenant notamment en compte les impératifs de performance (temps de réponse de l'interface).
- **Boîtes à outils d'interfaces** : les boîtes à outils d'interface actuelles sont toutes fondées sur le concept d'objet interactif ou "widget". Ce concept est trop limité pour les techniques d'interaction et de visualisation qui nous intéressent et nous avons déjà développé des outils spécialisés (Fekete & Beaudouin-Lafon, 1996, Beaudouin-Lafon & Lassen, 2000, Roussel, 2001). Nous développerons donc des outils logiciels pour le développement de systèmes interactifs, qui seront fondés sur les concepts d'architecture développés dans le thème précédent et qui permettront de mettre en œuvre les techniques d'interaction développées dans le premier axe du projet, comme par exemple la vidéo.

Domaines d'application et transferts industriels

Les domaines d'application potentiels d'IN SITU sont vastes. Afin de valider les objectifs du projet, il est souhaitable de sélectionner des domaines qui couvrent les caractéristiques suivantes :

- des critères de validation différents : la productivité (critère le plus répandu dans le milieu professionnel), la sécurité (dans le cas des systèmes critiques notamment), le confort (notamment pour les applications non professionnelles) ;
- des utilisateurs variés : utilisateurs professionnels spécialisés ou utilisateurs non professionnels ;
- des environnements variés : environnement classique de type bureau, environnement fixe atypique (comme un cockpit d'avion), ou environnement mobile.

Compte tenu de nos collaborations et contacts, les domaines d'application suivants ont été retenus :

- contrôle du trafic aérien, en liaison avec le CENA et EuroControl (Mackay, 1998b, Mackay et al., 1998) ;
- bio-informatique, en liaison avec l'Institut Pasteur (Mackay & Pothier, 2001, Letondal, 1999, 2001) ;
- environnement familial, en liaison avec Université Maryland et KTH (voir projet INTERLIVING en cours), RCA Londres, et éventuellement France Telecom R&D.

Ces domaines d'application permettront de sélectionner des études de cas qui sont indispensable à la phase d'innovation au cours de laquelle les prototypes sont réalisés pour valider des idées et des concepts nouveaux. Ces études de cas serviront également à mettre en œuvre les méthodes de conception développées dans la phase d'élaboration.

Les transferts industriels, quant à eux, concernent surtout les phases d'innovation et de réalisation. Les prototypes issus des phases d'innovation peuvent donner lieu à des valorisations par des industriels intéressés par le domaine d'application du prototype. C'est le cas par exemple avec le logiciel DIVA décrit plus haut qui intéresse l'entreprise américaine MITRE.

Mais c'est la phase de réalisation qui est la plus propice au transfert industriel, car elle concerne la réalisation d'outils logiciels. Le projet RNTL INDIGO évoqué plus haut, en partenariat avec ILOG, en est un bon exemple. Ce type de transfert pourrait aller jusqu'à la création de start-up mais il faut noter que dans le domaine du "middleware" pour systèmes interactifs, un impact industriel important a plus de chances d'être atteint par le développement de standards et d'implémentations de références, comme ce fut le cas dans les années 80 avec le système X-Windows. C'est pour cela que le projet INDIGO a aussi pour partenaire le W3C (donc l'INRIA), afin de faciliter la diffusion des protocoles issus du projet.

Objectif à quatre ans

L'objectif principal à quatre ans est de réaliser un ou plusieurs démonstrateurs d'environnements interactifs de nouvelle génération.

Pour atteindre cet objectif, le projet s'attachera dans un premier temps à développer en parallèle des études de cas sur des domaines particuliers et des outils de développement. Le but des études de cas est d'explorer des innovations à la fois dans les techniques d'interaction utilisées et dans les domaines d'application considérés. Ainsi, le projet CPN2000 a constitué une étude de cas dans le domaine de l'édition graphique et le projet Caméléon un autre étude dans le domaine du

contrôle du trafic aérien ; le projet InterLiving, en cours, constitue une étude de cas dans le domaine des technologies pour la famille et les cahiers de laboratoire augmentés (A-book) constituent une étude de cas dans le domaine de la biologie ; d'autres études seront à développer le cas échéant. En parallèle, les travaux sur l'ingénierie des interfaces, avec notamment le projet INDIGO (boîte à outils d'interface de nouvelle génération), les architectures logicielles pour la visualisation d'information et les architectures à base de documents devront converger de façon à fournir les bases logicielles pour le développement d'un environnement intégré applicable aux différentes études de cas.

Cet environnement intégré fera l'objet de la deuxième phase du projet. Il s'agira de développer un ou plusieurs démonstrateur de cet environnement, qui devra constituer une sorte de "shell" pour accueillir différentes applications, différents types de documents, différents styles d'interaction. La validation de cet environnement se fera progressivement, en démontrant la possibilité d'intégration de nouvelles techniques d'interaction, de nouveaux types de documents et d'applications. A plus long terme, et certainement au-delà des quatre ans, ce démonstrateur pourra passer dans une phase de développement, éventuellement sur le modèle du logiciel libre, à l'instar de X-Windows.

Justification d'un projet commun INRIA-LRI

Complémentarité INRIA/LRI

L'INRIA et le LRI/Université Paris-Sud offrent un environnement favorable au projet IN SITU. Tout d'abord ils constituent une source de collaborations possibles très vaste sur des thèmes pertinents pour le projet : traitement et synthèse d'image, bases de données, systèmes embarqués à l'INRIA, génie logiciel, réseaux, systèmes d'inférence au LRI, électronique, biomécanique, psychologie du mouvement à l'Université Paris-Sud pour ne citer que quelques exemples. Les grands laboratoires internationaux dans le domaine de l'interaction homme-machine (Xerox PARC, Carnegie Mellon University, Georgia Tech, MIT Media Lab) se caractérisent de la même façon par leur capacité à regrouper une masse importante de chercheurs d'horizons divers. En Europe, un mouvement similaire est amorcé dans les pays scandinaves (Play Institute et CID en Suède, Université d'Aarhus et CIT au Danemark) ainsi qu'en Angleterre (projet Equator).

Ensuite, le groupe IHM (Interaction Homme-Machine) du LRI a conduit depuis plus de 10 ans des travaux qui fournissent une base solide aux développements envisagés dans ce projet : ingénierie des interfaces, nouvelles techniques d'interaction, systèmes coopératifs, visualisation interactive d'information. D'autre part, le LRI fait partie de l'école doctorale d'Informatique de l'Université Paris-Sud qui participe à plusieurs DEAs, notamment le DEA I3 (Information, Interaction, Intelligence) et le DEA de Sciences Cognitives. Enfin, le projet portant sur un domaine par nature proche des applications, la politique de valorisation de l'INRIA favorisera les retombées à court et moyen terme du projet sous forme de contrats industriels voire de start-ups.

L'ambition du projet requiert de réunir une masse critique de chercheurs afin de pouvoir attaquer simultanément et en synergie les problèmes scientifiques évoqués. Le groupe IHM du LRI est déjà l'un des groupes les plus importants en France dans le domaine, mais pour atteindre cette masse critique il est nécessaire d'unir les moyens de l'Université, de l'INRIA et du CNRS. C'est pourquoi ce projet s'inscrit dans le Pôle Commun de Recherche en Informatique en cours de constitution sur le plateau de Saclay.

Collaborations avec les projets INRIA

Certaines collaborations ont déjà été établies avec les projets VERSO, MERLIn et W3C (voir ci-dessous). De façon générale, les collaborations possibles sont de deux types :

- Avec des projets qui sont confrontés à des problèmes d'interface homme-machine et qui peuvent servir de banc d'essai au projet IN SITU.
- Avec des projets qui peuvent fournir des technologies au projet IN SITU.

Un grand nombre de projets sont potentiellement concernés par la première catégorie, dès lors qu'ils produisent des logiciels interactifs. Citons par exemple les projets CONTRAINTES et LOGICAL pour la visualisation interactive de structures complexes et l'assistance éventuelle aux algorithmes de résolution.

La seconde catégorie concerne d'une part les projets qui portent sur des services d'infrastructure logicielle, comme les projets SIRAC et OASIS pour les aspects liés au collecticiel, le projet TICK pour la description de techniques d'interaction par des programmes réactifs, le projet VERSO pour les aspects bases de données ou le projet OPERA pour l'aspect documents. D'autre part, il s'agit de projets pouvant fournir des technologies exploitées par des techniques d'interaction novatrices, comme le projet IMEDIA pour l'indexation d'image ou le projet PRIMA pour la vision par ordinateur. Enfin, une collaboration pourra se développer avec le projet MERLIn sur l'évaluation ergonomique de techniques d'interaction et d'environnements interactifs.

L'équipe du projet a déjà des contacts avec plusieurs des projets mentionnés ci-dessus, ce qui facilitera le lancement de coopérations.

Collaborations

Projets INRIA

VERSO : Collaboration sur des problèmes d'interface homme-machine dans le système Xylème.

MERLIn : Collaboration dans le cadre du projet européen IST INTERLIVING (voir ci-dessous) ; collaboration avec l'Institut Pasteur sur un projet de cahiers de laboratoires augmentés (A-Book) ; Publications communes [15, 19, 23, 25, 28, 37, 38, 41].

W3C : Collaboration dans le cadre du projet RNTL INDIGO (voir ci-dessous).

Contrats de recherche

TELEMEDIA (1996-1999)

Partenaires : LRI (responsable scientifique), iMAGIS (GRAVIR, IMAG-INRIA, Grenoble), groupe Acoustique des Salles (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, Grenoble).

Financement : CTI du CNET France Telecom

Objectif : étudier et évaluer les solutions techniques permettant de réaliser un espace informel de communication et d'action multimodale (audio, vidéo, geste, etc.) partagé par les participants de groupes distants.

Résultats : brevet en cours de dépôt par France Telecom R&D, logiciel VideoSpace, publications [4, 9, 12, 18, 31, 32]

CPN2000 (1998-2000)

Partenaires : LRI (responsable scientifique), Université d'Aarhus (Danemark)

Financement : Hewlett-Packard, Nokia, Microsoft Research, CIT (Danish Centre for Information Technology), Université d'Aarhus

Objectif : développer une nouvelle version d'un éditeur et simulateurs de réseaux de Petri colorés, en utilisant des techniques avancées d'interaction graphique comme l'interaction bi-manuelle ou les toolglasses. Le logiciel est destiné à être utilisé par plus de 750 organismes académiques et industriels dans le monde.

Résultats : version bêta du logiciel CPN/Tools en cours de diffusion, publications [23, 25, 26, 28, 38, 41]

Navigation Multi-échelle (1999-2000)

Partenaires : LRI, Unité Mouvement et Perception (Marseille, responsable scientifique)

Financement : programme Cognitique

Objectif : étude de la navigation dans les mondes électroniques multi-échelles, développement de nouvelles méthodes d'interaction pour la navigation.

Résultats : collaboration avec Y. Guiard (2 co-encadrements de thèse), publications [5, 20, 21, 27, 30, 40]

INTERLIVING (2001-2003)

Partenaires : LRI, INRIA Rocquencourt (projet MErLIIn), KTH-CID (Suède, responsable scientifique), Université de Maryland (USA).

Financement : programme européen IST "Disappearing Computer" du 5ème PCRD

Objectif : conception participative de systèmes interactifs et communicants destinés à l'environnement de la vie familiale et notamment à faciliter la communication entre les générations. En particulier seront étudiées et développées diverses "surfaces partagées".

Résultats : première revue du projet en octobre 2001, publications en cours.

INDIGO (2001-2004)

Partenaires : LRI (responsable scientifique), ILOG, CENA, INRIA/W3C (Sophia-Antipolis).

Financement : RNTL Ministère de la recherche

Objectif : créer une boîte à outils d'interface de nouvelle génération permettant le développement d'applications post-WIMP distribuées. L'implémentation de référence de la boîte à outils sera disponible en Open Source.

Résultats : projet en cours de lancement.

Collaborations nationales

GDR I3 (Information-Interaction-Intelligence) : groupes de travail ALF (Architectures, Langages et Formalismes pour l'interaction homme-machine), SCOOP (Systèmes coopératifs) et Visualisation d'Information.

Action Spécifique du CNRS : Visualisation d'Information (G. Mélançon et M. Beaudouin-Lafon co-responsables de l'action).

Collaborations académiques : UMR Mouvement et Perception (CNRS & Université de la Méditerranée), Institut Pasteur, Ecole des Mines de Nantes, LIRMM (Université de Montpellier), IRCAM, CENA, CEA.

Collaborations industrielles : ILOG, France Telecom R&D, EuroControl, EDF-GDF.

Collaborations internationales

Réseau européen EUD-Net (End-User Development).

Groupe de travail IFIP WG2.7/13.4 User Interface Engineering.

Collaborations avec : Royal College of Art (Londres), Université d'Aarhus (Danemark), Xerox PARC (USA).

Animation de la recherche

Organisation de manifestations

UIST '02, 16th ACM Symposium on User Interface Software and Technology, Octobre 2002, Paris Maison de la Mutualité : M. Beaudouin-Lafon, Conference Chair, W. Mackay, trésorière. Organisation : INRIA.

DARE 2000, Designing Augmented Reality Environments, Avril 2000, Elsinore (Danemark) : W. Mackay, Conference Chair, M. Beaudouin-Lafon, trésorier.

Ecole Jeunes Chercheurs en Interaction Homme-Machine, Juillet 1997, Marseille (60 participants) [34] : M. Beaudouin-Lafon, organisateur et responsable scientifique, Y. Guiard et W. Mackay, enseignants.

Comités de programmes et Comités éditoriaux

DIS '02 : ACM Conference on Designing Interactive Systems, Londres, Juin 2002. Co-responsable du comité de programme : W. Mackay

CHI '01 : ACM Conference on Human Factors in Computing Systems, Seattle, Avril 2001. Responsable du comité de programme des articles longs : M. Beaudouin-Lafon

Conférence ACM CHI (Human Factors in Computing Systems) : M. Beaudouin-Lafon, W. Mackay

Conférence ACM UIST (User Interface Software and Technology) : M. Beaudouin-Lafon, W. Mackay

Conférence ACM NordiCHI (Scandinavian Conference on Computer-Human Interaction) : W. Mackay

Conférence ACM CSCW (Computer-Supported Cooperative Work) : W. Mackay

Conférence AVI (Advanced Visual Interfaces) : W. Mackay

Conférence BCS HCI (Human-Computer Interaction) : M. Beaudouin-Lafon

Journées IHM (Interaction Homme-Machine) : M. Beaudouin-Lafon, N. Roussel

Conférence Ergo-IHM : M. Beaudouin-Lafon, W. Mackay

Revue CSCW Journal : M. Beaudouin-Lafon

Revue d'Interaction Homme-Machine (RIHM) : M. Beaudouin-Lafon, W. Mackay

Revue Information-Interaction-Intelligence (RI3) : M. Beaudouin-Lafon

Sociétés savantes

ACM Council (conseil d'administration de l'Association for Computer Machinery): M. Beaudouin-Lafon, Member-at-large

ACM SIGCHI (Special Interest Group on Computer-Human Interaction) : W. Mackay, Executive Vice-Chair (1999-2001), Vice-Chair for Publications (2001-2003)

ACM Grace Murray Hopper Award Committee : M. Beaudouin-Lafon (Committee Chair en 2001)

AFIHM (Association Francophone d'Interaction Homme-Machine) : M. Beaudouin-Lafon, fondateur et premier président, N. Roussel, membre du Conseil d'Administration.

Autres

Réseau RNTL : M. Beaudouin-Lafon, membre de la commission d'évaluation, W. Mackay, expert

Réseau RNRT : M. Beaudouin-Lafon, expert (1998-99)

Comité Scientifique du laboratoire CLIPS-IMAG : M. Beaudouin-Lafon (1998, 2002)

Expert auprès du Ministère de la Recherche : M. Beaudouin-Lafon

Jurys de thèse et d'habilitation : M. Beaudouin-Lafon, 11 jurys de these (9 fois rapporteur) et 4 jurys d'habilitation (4 fois comme rapporteur) au cours des 4 dernières années ; W. Mackay, 5 jurys de thèse.

Logiciels et brevets

Logiciels

Les logiciels listés dans cette rubrique sont des logiciels qui ont fait l'objet d'une distribution et/ou d'une valorisation à l'extérieur du laboratoire.

DIVA (W. Mackay & M. Beaudouin-Lafon, 1997-98) : *visualisation et calcul sur des "streams" multimédia.*

Outil permettant de visualiser des séquences vidéo, de les "coder" par des séquences d'événements significatifs, et de calculer sur ces séquences grâce à une algèbre de streams.

Développé dans le cadre d'une collaboration avec le CENA (Centre d'Etude de la Navigation Aérienne), cet outil intéresse aujourd'hui l'entreprise américaine MITRE.

Wiki (M. Beaudouin-Lafon, 1998-2000) : *serveur Web coopératif.*

Ce serveur est une alternative aux forums de discussion (newsgroups) : au lieu de contribuer des messages, les utilisateurs créent collectivement et progressivement les pages d'un site Web, par édition en-ligne des pages. Utilisé au LRI, à l'Université d'Aarhus, à l'Institut Pasteur, à l'Université de Maryland.

VideoSpace (N. Roussel, 1997-2001) : *boîte à outils pour l'exploration de nouveaux usages de la vidéo*

Cette boîte à outil permet de traiter les flux vidéo comme des objets de première classe. Elle a été utilisée notamment pour prototyper des environnements de type mediaspace et des systèmes dédiés à la téléconvivialité (voir brevet ci-dessous).

Développé en partie dans le cadre du projet CNET Telemedia

CPN/Tools (Université d'Aarhus, Danemark, 1998-2000 - P. Andersen, M. Beaudouin-Lafon, S. Christensen, P. Janecek, M. Jensen, K. Jensen, M. Lassen, K. Lund, W. Mackay, K. Mortensen, S. Munck, A. Ratzer, K. Ravn) : *édition et simulation de réseaux de Petri colorés*
Application graphique utilisant des techniques d'interaction avancées comme l'interaction bi-manuelle et les "toolglasses". Destinée à remplacer le logiciel Design/CPN développé à l'Université d'Aarhus et utilisé par plus de 750 organismes dans le monde, académiques et industriels. Développé dans le cadre du projet CPN2000.

Brevets

Terminal et système de communication. Demande de Brevet d'Invention déposée le 4 juillet 2000 par France Telecom sous le n°00-08670.
Co-inventeurs : Michel Beaudouin-Lafon (LRI), Nicolas Roussel (LRI), Jacques Martin (CSTB), Jean-Dominique Gascuel (IMAG / INRIA), Georges Buchner (France Telecom), Hervé Lissek (CSTB).
Ce brevet résulte des travaux réalisés dans le cadre du projet Telemedia.

Enseignement

Participation au DEA I3 (Information-Interaction-Intelligence) de l'Ecole Doctorale d'Informatique Paris-Sud :

- Module de tronc commun : Fondements de l'Interaction Homme-Machine (responsable M. Beaudouin-Lafon).
- Module d'option : Collecticiel (co-responsables M. Beaudouin-Lafon, N. Roussel, S. Nurcan).

Enseignement dans les diverses filières d'informatique l'Université Paris-Sud : DEUG MIAS, Licence et Maîtrise d'Informatique, Nouvelle Formation d'Ingenieurs en Informatique FIIFO, DESS Systèmes et Communication Homme-Machine, DESS Ingénierie Informatique.

Publications récentes du groupe IHM du LRI

Ouvrages

- [1] Michel Beaudouin-Lafon (editor),
Computer-Supported Co-operative Work
Trends in Software 7, John Wiley & Sons, 1999.

Thèses

- [2] Philippe Brun,
XTL : une logique temporelle pour la spécification formelle des systèmes interactifs
thèse de doctorat, 28 septembre 1998, Université Paris-Sud.
- [3] Christophe Tronche,
Etude du collecticiel hétérogène
thèse de doctorat, 29 septembre 1998, Université Paris-Sud.
- [4] Nicolas Roussel,
Support informatique à une communication médiatisée
thèse de doctorat, 17 juillet 2000, Université Paris-Sud.
- [5] Didier Casalta,
Etude de la coordination bimanuelle dans le domaine de l'interaction homme-machine
thèse de doctorat, 22 septembre 2000, Université Paris-Sud.
- [6] Stéphane Conversy,
Conception d'icônes auditives paramétrées pour les interfaces homme-machine
thèse de doctorat, 29 septembre 2000, Université Paris-Sud.

- [7] Catherine Letondal,
Interaction et Programmation
thèse de doctorat, 27 septembre 2001, Université Paris-Sud.

Articles de revues et chapitres de livres

- [8] Michel Beaudouin-Lafon,
"Moins d'interface pour plus d'interaction",
Interfaces Homme-Machine et Création Musicale, Hugues Vinet et François Delalande (eds),
Hermès, 1999, pp 123-141.
- [9] Nicolas Roussel,
"Mediascape: a Web-based Mediaspace"
IEEE Multimedia, 6(2):64-74, April-June 1999.
- [10] Michel Beaudouin-Lafon,
"Ceci n'est pas un ordinateur - Perspectives sur l'Interaction Homme-Machine",
Numéro spécial "Informatiques - enjeux, tendances, évolutions", sous la direction de René
Jacquart. *Technique et Science Informatique*, TSI 19(1-2-3), janvier 2000, pp 69-74.
- [11] Mountaz Hascoët,
"Visualisation interactive de documents."
Le Document Multimédia, p177-191, Cepaduès-Editions, 2000.
- [12] Nicolas Roussel,
"Web-Based Mediaspace"
In B. Furht, editor, *Handbook of Internet Computing*, chapter 9, pages 205-226.
CRC Press, Boca Raton, Florida, June 2000.
- [13] Catherine Letondal,
"A Web interface generator for molecular biology programs in Unix"
Bioinformatics, Oxford University Press, 17(1), 2001, pp 73-82.
- [14] M. Hascoët & M. Beaudouin-Lafon,
"Recherche et Visualisation d'Information",
Revue Information-Interaction-Intelligence, 1(1):77-108, 2001, Cépaduès-éditions.
- [15] M. Beaudouin-Lafon & W. Mackay,
"Prototyping Development and Tools",
Handbook of Human Computer Interaction, J.A. Jacko and A. Sears (eds),
Lawrence Erlbaum Associates, 2002. A paraître.

Conférences internationales

- [16] Mountaz Hascoët-Zizi & Xavier Soinard.
"Using maps as a user interface to a digital library"
In *Proc. ACM Conference on Information Retrieval, SIGIR'98*, ACM, 1998.
- [17] Mountaz Hascoët-Zizi.
"Analytical versus empirical evaluation of spatial displays."
In *Proc. ACM Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI'98*, 1998.
- [18] Nicolas Roussel,
"Beyond Webcams and Videoconferencing: Informal Video Communication on the Web"
In *Proc. of the British Computer Society HCI Conference on The Active Web*,
Stafford, pages 65-69, January 1999.
- [19] Wendy Mackay et Michel Beaudouin-Lafon
"DIVA: Exploratory Data Analysis with Multimedia Streams"
Proc. ACM Human Factors in Computing Systems,
CHI'98, Los Angeles (USA), Avril 1998, ACM Press, pp 416-423.
- [20] Yves Guiard, Michel Beaudouin-Lafon et Denis Mottet,
"Navigation as Multiscale Pointing: Extending Fitts' Model to Very High Precision Tasks"
Proc. ACM Human Factors in Computing Systems,
CHI'99, Pittsburgh (USA), Mai 1999, ACM Press, pp 450-457.

- [21] Didier Casalta, Yves Guiard et Michel Beaudouin-Lafon,
"Evaluating Two-Handed Input Techniques: Rectangle Editing and Navigation"
ACM Human Factors in Computing Systems Extended Abstracts,
CHI'99, Pittsburgh (USA), Mai 1999, ACM Press, pp 236-237.
- [22] Michel Beaudouin-Lafon,
"Instrumental Interaction: an Interaction Model for Designing Post-WIMP User Interfaces",
Proc. ACM Human Factors in Computing Systems,
CHI 2000, La Haye (Pays-Bas), Avril 2000, CHI Letters 2(1):446-453, ACM Press.
- [23] Michel Beaudouin-Lafon et Wendy Mackay,
"Reification, Polymorphism and Reuse: Three Principles for Designing Visual Interfaces",
Proc. Advanced Visual Interfaces,
AVI 2000, Palerme (Italie), Mai 2000, ACM Press, pp 102-109.
- [24] Mountaz Hascoët,
"A user interface combining navigationl aids",
Proc. ACM Conference on Hypertext, Hypertext'00, Juin 2000.
- [25] M. Beaudouin-Lafon, W.E. Mackay, P. Andersen, P. Janecek, M. Jensen, M. Lassen, K. Lund, K. Mortensen, S. Munck, A. Ratzer, K. Ravn, S. Christensen, K. Jensen,
"A Tool for Editing and Simulating Coloured Petri Nets",
Tool demonstration, *European Joint Conferences on Theory and Practice of Software*,
ETAPS'2001, Genova (Italy), April 2001, Lecture Notes in Computer Science, Springer-Verlag, 2001 (in press).
- [26] Michel Beaudouin-Lafon et Henry Michael Lassen,
"The Architecture and Implementation of CPN2000, a Post-WIMP Graphical Application",
Proc. ACM Symposium on User Interface Software and Technology,
UIST 2000, San Diego (USA), Novembre 2000, CHI Letters 2(2):181-190, ACM Press.
- [27] Frédéric Bourgeois, Yves Guiard et Michel Beaudouin-Lafon,
"Pan-Zoom Coordination in Multi-Scale Pointing",
Interactive Poster, *ACM Human Factors in Computing Systems*,
CHI 2001, Seattle (USA), Avril 2001, Extended Abstracts, pp 157-158, ACM Press.
- [28] M. Beaudouin-Lafon, W.E. Mackay, P. Andersen, P. Janecek, M. Jensen, M. Lassen, K. Lund, K. Mortensen, S. Munck, A. Ratzer, K. Ravn, S. Christensen, K. Jensen,
"CPN/Tools: A Post-WIMP Interface for Editing and Simulating Coloured Petri Nets."
In J-M Colom, M. Koutny (eds.), *Proc. 22nd International Conference on Application and Theory of Petri Nets (ICATPN'2001)*, Newcastle upon Tyne (England), June 2001,
Lecture Notes in Computer Science, Springer-Verlag, 2001. (in press)
Note : version révisée de [66].
- [29] O. Beaudoux et M. Beaudouin-Lafon,
"DPI: A Conceptual Model Based on Documents and Interaction Instruments",
In *People and Computers XV - Interaction without frontiers* (Joint proceedings of HCI 2001 and IHM 2001, Lille, France), pp 247-263, Springer Verlag, 2001.
- [30] Y. Guiard, F. Bourgeois, D. Mottet et M. Beaudouin-Lafon,
"Beyond the 10-bit barrier: Fitts' Law in Multi-Scale Electronic Worlds",
In *People and Computers XV - Interaction without frontiers* (Joint proceedings of HCI 2001 and IHM 2001, Lille, France), pp 573-587, Springer Verlag, 2001. *Prix du meilleur article long de la conférence*.
- [31] Nicolas Roussel,
"Exploring new uses of video with videoSpace"
In *Proc. of EHCI'01, 8th IFIP Working Conference on Engineering for Human-Computer Interaction*, Lecture Notes in Computer Science. Springer-Verlag, May 2001. in press.
- [32] N. Roussel, O. Hitz, and R. Ingold,
"Web-based cooperative document understanding"
Proc. of ICDAR 2001, the 6th International Conference on Document Analysis and Recognition, September 2001. in press
- [33] M. Beaudouin-Lafon,
"Novel Interaction Techniques for Overlapping Windows",
Proc. ACM Symposium on User Interface Software and Technology,
UIST 2001, Orlando (USA), Novembre 2001, CHI Letters, ACM Press. in press.

Autres

- [34] Alain Derycke et Michel Beaudouin-Lafon (rédacteurs)
"Ecole Interaction Homme-Machine", notes de cours de l'école thématique du GDR-PRC Communication Homme-Machine, Luminy (France), 7-18 juillet 1997.
AFIHM, septembre 1998 (3 volumes).
- [35] Catherine Letondal,
"Une approche pragmatique de la programmation pour des biologistes qui programment presque"
Actes Onzième conférence francophone sur l'Interaction Homme Machine, IHM'99,
Montpellier (France), Nov. 1999, tome II, pp 5-8.
- [36] Nicolas Roussel and Ghislain Nouvel,
"La main comme télépointeur"
In *Tome 2 des actes des onzièmes journées francophones sur l'Interaction Homme Machine (IHM'99)*, Montpellier, pages 33-36, Novembre 1999.
- [37] Michel Beaudouin-Lafon et Wendy Mackay,
"Research Directions in Situated Computing",
Workshop, *ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*,
CHI 2000, La Haye (Pays-Bas), Avril 2000, Extended Abstracts, p 369.
- [38] Michel Beaudouin-Lafon, Wendy E. Mackay, Peter Andersen, Paul Janecek,
Mads Jensen, Michael Lassen, Kasper Lund, Kjeld Mortensen, Stephanie Munck,
Anne Ratzler, Katrine Ravn, Søren Christensen and Kurt Jensen,
"CPN/Tools: A Post-WIMP Interface for Editing and Simulating Coloured Petri Nets",
Tools demonstrations collections, *21st International Conference on Theory and Application of Petri Nets*, Aarhus, June, 2000.
- [39] Michel Beaudouin-Lafon,
"Contexte et interaction : vers l'informatique située",
Ecole thématique "Nouveaux défis en sciences de l'information : documents et évolution",
GDR-PRC I3, Marseille, septembre 2000.
- [40] Yves Guiard, Frédéric Bourgeois et Michel Beaudouin-Lafon,
"Psychologie expérimentale et nouvelles technologies de l'information -
L'exemple de la loi de Fitts",
CNRS-Info, n° 390, Février 2001, pp 19-20.
- [41] M. Beaudouin-Lafon, W.E. Mackay, P. Andersen, P. Janecek, M. Jensen, M. Lassen, K.
Lund, K. Mortensen, S. Munck, A. Ratzler, K. Ravn, S. Christensen, K. Jensen,
"CPN/Tools: Revisiting the Desktop Metaphor with Post-WIMP Interaction Techniques",
Demonstration, *ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*,
CHI 2001, Seattle (USA), Avril 2001, Extended Abstracts, pp 11-12, ACM Press.

Références

- Ahlberg, C., Williamson, C., Shneiderman, B. (1992). "Dynamic Queries for Information Exploration: An Implementation and Evaluation". *Proc. ACM Human Factors in Computing Systems, CHI'92*, Monterey (CA), Mai 1992, pp 619-626, ACM Press.
- Beaudouin-Lafon, M. (2000a). "Ceci n'est pas un ordinateur - Perspectives sur l'Interaction Homme-Machine", Numéro spécial "Informatiques - enjeux, tendances, évolutions", sous la direction de René Jacquart. *Technique et Science Informatique*, TSI 19(1-2-3):69-74.
- Beaudouin-Lafon, M. (2000b). "Instrumental Interaction: an Interaction Model for Designing Post-WIMP User Interfaces", *Proc. ACM Human Factors in Computing Systems, CHI 2000*, La Haye (Pays-Bas), Avril 2000, CHI Letters 2(1):446-453, ACM Press.
- Beaudouin-Lafon, M. & Mackay, W. (2000). "Reification, Polymorphism and Reuse: Three Principles for Designing Visual Interfaces", *Proc. Advanced Visual Interfaces, AVI 2000*, Palerme (Italie), Mai 2000, pp 102-109, ACM Press.

- Beaudouin-Lafon, M. & Lassen, H.M. (2000). "The Architecture and Implementation of CPN2000, a Post-WIMP Graphical Application", *Proc. ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, UIST 2000, San Diego (USA), Novembre 2000, CHI Letters 2(2):181-190, ACM Press.
- Beaudoux O. & M. Beaudouin-Lafon, M. (2001). "DPI: A Conceptual Model Based on Documents and Interaction Instruments", In *People and Computers XV - Interaction without frontiers* (Joint proceedings of HCI 2001 and IHM 2001, Lille, France), pp 247-263, Springer Verlag, 2001.
- Bourgeois, F., Guiard, Y. & Beaudouin-Lafon, M. (2001). "Pan-Zoom Coordination in Multi-Scale Pointing", Interactive Poster, *ACM Human Factors in Computing Systems*, CHI 2001, Seattle (USA), Avril 2001, Extended Abstracts, pp 157-158, ACM Press.
- Card, S.K, Mackinlay, J. & Shneiderman, B. (1999). *Readings in Information Visualization - Using Vision to Think*, Morgan Kaufmann.
- Fekete, J-D. & Beaudouin-Lafon, M. (1996). "Using the Multi-Layer Model for Building Interactive Graphical Applications", *Proc. ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, UIST '96, Seattle, USA, pp 109-118, ACM Press.
- Greenberg, S. & Roseman, M. (1999). "Groupware Toolkits for Synchronous Work", in Beaudouin-Lafon, M. (editor), *Computer-Supported Co-operative Work*, Trends in Software 7, pp 136-168, John Wiley & Sons.
- Guiard, Y., Beaudouin-Lafon, M. & Mottet, D. (1999). "Navigation as Multiscale Pointing: Extending Fitts' Model to Very High Precision Tasks", *Proc. ACM Human Factors in Computing Systems*, CHI'99, Pittsburgh (USA), Mai 1999, ACM Press, pp 450-457.
- Guiard, Y., Bourgeois, F., Mottet, D. & Beaudouin-Lafon, M. (2001). "Beyond the 10-bit barrier: Fitts' Law in Multi-Scale Electronic Worlds", In *People and Computers XV - Interaction without frontiers* (Joint proceedings of HCI 2001 and IHM 2001, Lille, France), pp 573-587, Springer Verlag, 2001. *Prix du meilleur article long de la conférence*.
- Harris, J. & Henderson, A., (1999). "A Better Mythology for System Design", *Proceedings Human Factors in Computing Systems*, CHI99, pp 88-95, ACM Press.
- Ishii, H. and Ullmer, B. (1997). "Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces between People, Bits and Atoms", *Proc. ACM Human Factors in Computing Systems*, CHI '97, Atlanta (GA), Mars 1997, pp 234-241, ACM Press.
- Johnson, J., Roberts, T.L., Verplank, W., Smith, D.C., Irby, C., Beard, M., Mackey, K. (1989) The Xerox "Star": A Retrospective. *IEEE Computer* 22(9):11-29.
- Letondal, C. (2001). *Interaction et Programmation*, thèse de doctorat, 27 septembre 2001, Université Paris-Sud.
- Letondal, C. (1999). "Une approche pragmatique de la programmation pour des biologistes qui programment presque", *Actes Onzième conférence francophone sur l'Interaction Homme Machine*, IHM'99, Montpellier (France), Nov. 1999, tome II, pp 5-8.
- Mackay, W. (1990). "Patterns of Sharing Customizable Software". *Proc. ACM Conference on Computer-Supported Cooperative Work*, CSCW '90. Los Angeles (CA), pp 209-221, ACM Press.
- Mackay, W. (1991). "Triggers and Barriers to Customizing Software". *Proc. ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '91. New Orleans (LA), pp 153-160, ACM Press.
- Mackay, W (1998). "Augmented Reality: Linking Real and Virtual Worlds". *Proc International Conference on Advanced Visual Interfaces*, AVI '98, L'Aquila, Italy: ACM. Keynote address. pp. 1-9.
- Mackay, W. & Beaudouin-Lafon, M. (1998). "DIVA: Exploratory Data Analysis with Multimedia Streams". *Proc. ACM Human Factors in Computing Systems*, CHI'98, Los Angeles (USA), Avril 1998, pp 416-423, ACM Press.
- Mackay, W. (1999a). "Media Spaces: Environments for Informal Multimedia Interaction", in Beaudouin-Lafon, M. (editor), *Computer-Supported Co-operative Work* Trends in Software 7, pp 55-82, John Wiley & Sons.

- Mackay, W. (1999b). "Is paper safer? The role of paper flight strips in air traffic control". *ACM Transactions on Computer-Human Interaction, TOCHI*, 6(4): 311-340.
- Mackay, W. & Beaudouin-Lafon, M. (1998). "DIVA: Exploratory Data Analysis with Multimedia Streams". *Proc. ACM Human Factors in Computing Systems, CHI'98*, Los Angeles (USA), Avril 1998, pp 416-423, ACM Press.
- Mackay, W., Fayard, A-L., Frobert, L., Médini, L. (1998). "Reinventing the Familiar: Exploring an Augmented Reality Design Space for Air Traffic Control". *Proc. ACM Human Factors in Computing Systems, CHI'98*, Los Angeles (USA), Avril 1998, pp 558-565, ACM Press.
- Mackay, W.E. & Pagani, D. (1994). "Video Mosaic: Laying out time in a physical space". *Proc. ACM Multimedia '94*. San Francisco (CA), pp 165-172, ACM.
- Mackay, W. & Pothier, G. (2001), "The A-book: an Augmented Laboratory Notebook for Biologists", *ERCIM News*, 46:52-53, July 2001.
- Perlin, K. & Fox, D. (1993). "Pad: An Alternative Approach to the Computer Interface". *Proc. ACM SIGGRAPH.*, pp 57-64, ACM.
- Roussel, N. (2000), *Support informatique à une communication médiatisée*, thèse de doctorat, 17 juillet 2000, Université Paris-Sud.
- Roussel, N. (2001). "Exploring new uses of video with videoSpace", In *Proc. of EHCI'01, 8th IFIP Working Conference on Engineering for Human-Computer Interaction*, Lecture Notes in Computer Science. Springer-Verlag, May 2001. in press.
- Suchman, L. (1987). *Plans and Situated Action: The Problem of Human-Machine Communication*. Cambridge University Press.
- Wegner, P. (1997). "Why Interaction is more Powerful than Algorithms". *Communications of the ACM*, 40(5): 80-91.
- Weiser, M. (1991). "The Computer for the 21st Century". *Scientific American*, 265(3):94-104.
- Wellner, P., Mackay, W.E., Gold, R., editors (1993). "Computer-Augmented Environments". *Special Issue of Communications of the ACM*, 23(7), juillet 1993. Prix du meilleur numéro spécial d'une revue scientifique, toutes catégories confondues, par l'American Press Association, 1993.