

Projet MErLin

Méthodes pour l'Ergonomie des Logiciels Interactifs

Rocquencourt, Lorraine

THÈME 3A



*R*apport
*d'**A*ctivité

2001

Table des matières

1	Composition de l'équipe	3
2	Présentation et objectifs généraux	3
3	Fondements scientifiques	5
4	Domaines d'applications	7
5	Résultats nouveaux	7
5.1	Étude et développement de méthodes ergonomiques pour l'évaluation et la conception de logiciels interactifs	8
5.1.1	Comparaison de méthodes d'évaluation ergonomiques pour le Web	8
5.1.2	Co-inspection évaluative	9
5.1.3	Extension des Critères Ergonomiques aux Environnements Virtuels	9
5.1.4	UsabilityNet	10
5.1.5	La mise en œuvre des tests utilisateurs	10
5.1.6	Modélisation des tâches et prédiction de la charge mentale	11
5.1.7	Stratégies contextuelles d'aide en ligne	11
5.2	Ergonomie du multimédia et du multimodal	12
5.2.1	Conception de documents hypermédia et problèmes de navigation	12
5.2.2	Facilité d'apprentissage d'une nouvelle interface pour le contrôle aérien	13
5.2.3	Activités des stylistes-modélistes dans la conception de vêtements	14
5.2.4	Intégration de la parole (entrées/sorties) dans les interfaces graphiques	15
5.2.5	Dispositifs d'interaction multimodaux pour la conception	16
5.2.6	Conception participative et nouvelles technologies	17
5.2.7	Accessibilité et interactions dans le domaine de la santé	18
5.2.8	La métaphore des auxiliaires actifs : une application à une messagerie pour aveugles	19
5.2.9	Confort visuel et accessibilité des sites Web : évaluation d'une proposition pour internautes mal voyants et seniors	19
6	Contrats industriels (nationaux, européens et internationaux)	20
7	Actions régionales, nationales et internationales	20
7.1	Actions nationales	20
7.2	Actions financées par la commission européenne	21
7.3	Réseaux et groupes de travail internationaux	21
7.4	Relations bilatérales internationales	21
7.4.1	Amérique du Sud et Amérique Centrale	21
8	Diffusion de résultats	21
8.1	Animation de la communauté scientifique	21
8.1.1	Organisation de manifestations scientifiques	21

8.1.2	Comité éditorial de journaux	22
8.1.3	Comité de programme de conférences	22
8.1.4	GdR, etc.	23
8.1.5	Sociétés savantes	23
8.1.6	Jurys de thèses et HdR	23
8.2	Enseignement universitaire	24
8.3	Participation à des colloques, séminaires, invitations	24
9	Bibliographie	26

1 Composition de l'équipe

Responsables scientifiques

Dominique Scapin [DR, INRIA Rocquencourt, responsable scientifique]
Noëlle Carbonell [Pr., Université Henri Poincaré, LORIA, co-responsable scientifique]
Jean-Claude Sperandio [Pr., Université René Descartes, co-responsable scientifique]

Assistantes de projet

Christiane Demars [AI, INRIA Rocquencourt, à temps partiel]
Danielle Marchand [TR, Université Henri Poincaré, LORIA, à temps partiel]

Personnel Inria

Rémy Taillefer [AI, à temps partiel]

Chercheur associé

Wendy Mackay [Chercheur invité]

Personnel Université

Christian Bastien [MC, Laboratoire d'Ergonomie Informatique, U. René Descartes]
Gabriel Michel [MC, Laboratoire d'Ergonomie Informatique, U. Metz]

Doctorants

Cédric Bach [Bourse INRIA depuis le 01/01/2001, U. Metz]
Antonio Capobianco [ATER, depuis le 01/10/01, U. Nancy 2]
Suzanne Kieffer [Bourse INRIA-Région depuis le 1/10/2001, U. Henri Poincaré]
Corinne Leulier [Collaborateur extérieur, du 01/11/01 au 31/12/01, U. René Descartes]
Lionel Médini [ATER, département d'informatique, U. d'Avignon et des Pays du Vaucluse]
Charles Tison [Bourse INRIA depuis le 1/12/2000, U. Henri Poincaré]
Gérard Uzan [Bourse MENRT depuis 1996, U. René Descartes]

Stagiaires

Amal Ali Ammar [DEA Ergonomie, Cnam, 6 mois]
Hélène Billet [Maîtrise Sciences Cognitives, U. Nancy 2, 2 mois]
Fabien Brunacci [Maîtrise Informatique, U. Henri Poincaré, 2 mois]
Hélène Deforge [DEA Psychologie, U. Nancy 2, 6 mois, à temps partiel]
Marcello De Luca [DESS d'Ergonomie, U. René Descartes, 5 mois]
Noelly Grondin [DEA d'Ergonomie, CNAM, 8 mois ; coll. ext. du 15/09/01 au 31/11/01, U. René Descartes]
Alexandre Jacquot [Maîtrise Informatique, U. Henri Poincaré, 2 mois]
Suzanne Kieffer [DEA Informatique, U. Henri Poincaré, 5 mois]
Vincent Lucquiaud [Coll. ext. du 01/10/01 au 31/12/01, U. Poitiers]
Béatrice Renaudin [Maîtrise Informatique, U. Henri Poincaré, 2 mois]
Boja Svilar [Maîtrise de Psychologie, U. René Descartes, 4 mois]
Vincent Voisin [Maîtrise Informatique, U. Henri Poincaré, 2 mois]

2 Présentation et objectifs généraux

Mots clés : aide en ligne, commerce électronique, conception d'interfaces, critères ergonomiques, ergonomie des logiciels, évaluation d'interfaces, facilité d'apprentissage,

formalisme de description de tâches, hypermedia, ihm, interaction multimodale, interfaces 3D, laboratoire d'utilisabilité, langages d'interaction, méthodes, modèles de tâches, modélisation des connaissances, normalisation, performance utilisateur, personnes mal-voyantes, personnes âgées, préférences utilisateurs, qualité ergonomique des logiciels interactifs, systèmes d'information, tests utilisateurs, WWW.

L'objectif du projet MERLin est de contribuer à l'amélioration de la *Qualité Ergonomique des logiciels interactifs*. Deux sous-objectifs complémentaires concourent à la réalisation de cet objectif général :

- Étudier, au travers d'études empiriques¹, les interactions des utilisateurs avec les logiciels en vue d'améliorer ces derniers. Il s'agit là d'un approfondissement des connaissances sur les caractéristiques cognitives des opérateurs et sur leur activité, ainsi que sur l'utilisabilité des systèmes techniques utilisés.
- Améliorer les méthodes de conception et d'évaluation ergonomique, et par là-même contribuer à l'amélioration des systèmes techniques eux-mêmes en fournissant aux concepteurs de logiciels des éléments méthodologiques de référence facilitant la prise en compte de l'ergonomie au sein du processus de conception. Il s'agit là d'un approfondissement des connaissances sur le processus de conception informatique, avec une prise en compte des utilisateurs (*user-centred design*), et de la définition de méthodes associées.

L'objectif est donc de progresser à la fois dans les connaissances fondamentales et les méthodes de l'ergonomie des logiciels, et dans les domaines connexes qui concourent à l'optimisation ergonomique des logiciels. En effet, une telle optimisation nécessite des connaissances précises sur l'activité des utilisateurs, sur les caractéristiques des systèmes et sur les moyens de mettre en correspondance les aspects utilisateurs et les aspects logiciels. Le projet s'intéresse donc à la fois aux mécanismes humains de traitement de l'information, à la cognition et à la conception de logiciels interactifs dans tous leurs aspects susceptibles d'influer sur l'activité des utilisateurs.

Les contributions scientifiques du projet sont bien entendu la production de connaissances et de résultats ergonomiques sous forme d'articles et de communications, la participation à la vie scientifique nationale et internationale (groupes de travail, conférences, etc.), mais aussi la participation à la normalisation et au transfert technologique, notamment au travers de nos contrats, collaborations et expertises. Par ailleurs, le projet a pour objectif de produire des recommandations et des logiciels; ces derniers étant utiles, notamment sous forme de maquettes-prototypes, pour tester des hypothèses, comparer des versions d'un logiciel, conduire des expériences et également, pour mettre en œuvre, tester et rendre nos méthodes accessibles.

Le projet MERLin s'articule actuellement autour de deux axes de recherche :

- La conception, la validation et la mise en œuvre de méthodes ergonomiques pour la conception et l'évaluation. Cela correspond notamment à la nécessité d'intégrer les résultats disponibles en ergonomie dans le processus de conception de logiciels interactifs.
- Les problèmes d'utilisation posés par les « nouvelles » applications informatiques : nou-

¹Le terme « empirique » est utilisé dans ce texte au sens de « issu de l'expérience », l'expérience ayant essentiellement un caractère de confrontation avec des données réelles issues d'utilisateurs réels, dans le cadre d'expérimentations scientifiques à proprement parler ou à partir d'autres méthodes de recueil sans mise en œuvre de tests d'hypothèses.

velles populations d'utilisateurs, nouveaux domaines d'application, nouvelles formes d'interaction. Ce thème de recherche correspond à la nécessité d'acquérir des résultats en ergonomie sur des aspects innovants des logiciels interactifs et ainsi d'enrichir les connaissances ergonomiques actuelles.

Nous nous intéressons cette année plus particulièrement à l'ergonomie du Web, à l'interaction multimodale, à l'aide en ligne, à la conception dans les industries de la confection, à la mémoire d'entreprise, aux systèmes de contrôle et de régulation, et aux interfaces pour utilisateurs handicapés.

3 Fondements scientifiques

Définitions :

- *L'ergonomie*² est : « une des branches de la science et de la technologie qui incorpore ce qui est connu et conceptualisé des caractéristiques biologiques et comportementales de l'homme et qui peut être appliqué de façon valide à la spécification, à la conception, à l'évaluation, à l'utilisation et à la maintenance des produits et systèmes afin d'en assurer la sécurité, l'efficacité et l'usage satisfaisant par des opérateurs individuels, des groupes et des organisations ».
- *L'ergonomie des logiciels* hérite des caractéristiques de l'ergonomie mais s'intéresse plus particulièrement à l'amélioration de l'interface homme-ordinateur en se focalisant sur les aspects relatifs au fonctionnement mental humain. C'est une science qui contribue à la connaissance scientifique nécessaire à la conception de logiciels et plus généralement d'environnements de travail informatisés, dans la perspective générale de la sécurité et du confort des utilisateurs (conditions de travail), mais aussi dans la perspective d'une amélioration de la productivité des systèmes homme-ordinateur, par exemple en facilitant les tâches des utilisateurs, en réduisant les durées d'apprentissage, en limitant l'occurrence et le coût des erreurs.
- Le projet traite de la *Qualité Ergonomique du logiciel*³, notion qui couvre l'ensemble des aspects du logiciel et de son environnement (par exemple, documentation, aides au travail, formation) qui ont une influence sur la réalisation des objectifs des utilisateurs. La *Qualité Ergonomique du logiciel* concerne donc à la fois l'*utilisabilité* ou facilité d'utilisation (notamment les aspects présentation et dialogue), et l'*utilité* (c'est-à-dire les aspects fonctionnels). Il s'agit de contribuer à l'amélioration d'une compatibilité particulière entre les opérateurs et les systèmes informatiques, c'est-à-dire la compatibilité entre la manière dont l'information est traitée et représentée, respectivement par l'ordinateur et par les utilisateurs.

Situation nationale et internationale :

- Au niveau international : le domaine est depuis longtemps très dynamique (chercheurs jeunes ; forte implication des laboratoires industriels ; nombreuses annonces d'emploi ; conférences réputées et d'audience importante ; nombreuses revues internationales, etc.).

²Définition de l'Executive Council of the Human Factors Society (Christensen, J. M., 1988, Human Factors definitions. *The Human Factors Society Bulletin*, 31(3), pp 7-8.).

³cf. définition dans : Scapin, D. L. & Bastien, J. M. C. (1997). Ergonomic criteria for evaluating the ergonomic quality of interactive systems. *Behaviour & Information Technology*, 16, 220-231.

La plupart des grandes universités et des éditeurs de logiciel aux États-Unis et en Europe comportent des équipes IHM-Ergonomie.

- En France : les centres de recherche sont assez peu nombreux et sont souvent « mono-disciplinaires » ; le développement des recherches pluri-disciplinaires en interaction homme-machine (ergonomie et ingénierie des IHM) est d'origine récente.

Démarche :

- Le projet MErLIn met l'accent sur la pluridisciplinarité ergonomie-informatique. L'interaction homme-ordinateur, classe particulière de l'interaction homme-machine, peut être examinée selon trois aspects complémentaires : le pôle homme, le pôle ordinateur, et le pôle interaction. Le projet MErLIn s'intéresse aux trois pôles : le pôle homme et le pôle interaction sont traités par l'ergonomie ; le pôle ordinateur et le pôle interaction sont traités par l'informatique de l'IHM. Le projet aborde l'informatique (logiciels, interfaces utilisateurs, environnements) de ce double point de vue, ergonomie et IHM, en tant qu'ensemble d'outils mis à la disposition d'opérateurs. En conséquence, les disciplines scientifiques auxquelles le projet fait appel et contribue sont, de façon privilégiée, l'ergonomie et l'informatique, en particulier l'ingénierie des interfaces.
- Le projet MErLIn utilise les méthodes de l'informatique et de l'ergonomie, avec une prééminence forte de la démarche et des méthodes expérimentales, au sens administration de la preuve, test d'hypothèses (cf. la méthode expérimentale selon Claude Bernard, fondement des sciences dites expérimentales, médecine, biologie, physique entre autres). Le projet contribue à la rationalisation des méthodes de l'ergonomie, à partir d'études mettant en œuvre des protocoles expérimentaux, des simulations en laboratoire et sur le terrain, à partir de mesures de performances (par exemple durées d'apprentissage, durées d'exécution de tâches, fréquences d'utilisation, types de navigation, taux d'erreurs, taux de rappel, etc.), d'analyse des productions verbales, d'analyse des préférences. Les activités de modélisation menées dans le cadre du projet sont également centrées sur l'élaboration de modèles informatiques. La pertinence de ces modèles, par rapport à la réalité qu'ils visent à représenter ou dans laquelle ils interviennent, fait toujours l'objet d'une évaluation ergonomique ; cette évaluation porte sur les logiciels qui les mettent en œuvre (leur rôle est donc analogue à celui des modèles-théories élaborés en physique dans la mesure où ils sont « falsifiables » au sens de K. Popper). Les recherches sont entreprises à partir de l'observation de tâches réelles, sur des terrains appropriés, souvent en parallèle avec la résolution de problèmes pratiques. Le recueil de données repose sur l'analyse de l'activité et de l'interaction, l'étude de cas, les incidents critiques, les mouchards électroniques, etc.

Focalisations :

Les centres d'intérêt scientifique du projet MErLIn présentent en outre trois caractéristiques :

- Le projet se focalise sur des méthodes destinées à des concepteurs non nécessairement ergonomes, tout en considérant que ces méthodes peuvent améliorer l'activité des ergonomes eux-mêmes. En particulier, le projet traite de la question de l'intégration de la démarche ergonomique dans les méthodologies de développement de logiciels actuelles afin de renforcer le transfert technologique, ainsi que du support logiciel à procurer aux concepteurs pour les aider à prendre en compte l'ergonomie. Les concepteurs sont en ef-

fet généralement peu formés à l'ergonomie des logiciels. Cette culture n'est apparue que récemment dans les cursus universitaires en informatique ; une contribution du projet est de renforcer cette présence.

- Le projet se focalise sur la population des utilisateurs non-spécialistes en informatique. Cette population est en effet la cible majeure des développements actuels de l'informatique ; il s'agit aussi bien du grand public (exemple, pour les bornes interactives, le commerce électronique ou l'informatique mobile-nomade) que des spécialistes de domaines d'expertise spécifiques (par exemple, la maintenance de centrales nucléaires, la conception de collections de prêt-à-porter). Une attention particulière est accordée à un sous-ensemble de cette population : les utilisateurs caractérisés par des besoins spéciaux (par exemple, difficultés visuelles ou motrices, handicaps mentaux).
- Le projet ne se limite pas aux situations classiques de travail, mais inclut les nouvelles activités d'utilisation de l'informatique, encore assez mal définies : consommation (commerce électronique), recherche d'informations (par exemple sur Internet), etc.

4 Domaines d'applications

Les domaines d'application des recherches menées cette année ont été : les sites Web, notamment pour le commerce électronique (études empiriques, études méthodologiques, co-inspection ergonomique), le nucléaire (hypermedia et mémoire d'entreprise en criticité), l'industrie du textile (analyse de l'activité, revues de questions, inspections ergonomiques, étude de l'interaction avec des objets 3D), les logiciels pour le grand public (aide en ligne) (Voir la section 5 pour le contenu des travaux et les sections 6 et 7 pour les partenaires).

5 Résultats nouveaux

Le programme de recherche du projet MErLLIn s'articule autour de deux thèmes qui font référence aux objectifs décrits précédemment.

- Le premier thème a trait à la conception, à la validation et à la mise en œuvre de méthodes ergonomiques, pour la conception et l'évaluation. Il correspond notamment à la nécessité d'intégrer les résultats disponibles en ergonomie dans le processus de conception de logiciels interactifs. Un « résultat ergonomique » est un résultat « stable », c'est-à-dire corroboré par plusieurs études, souvent exprimé sous forme de recommandations ou de normes, obtenu généralement suite à plusieurs expérimentations contrôlées ou études empiriques. Relève également de cet axe l'étude (définition et évaluation ergonomique) de stratégies génériques d'aide en ligne (*online help*).
- Le deuxième thème a trait aux problèmes d'utilisation posés par les « nouvelles » applications informatiques : nouvelles populations d'utilisateurs, nouveaux domaines d'application, nouvelles formes d'interaction. Nous nous intéressons plus particulièrement à l'ergonomie du Web, à l'interaction multimodale et à la conception dans les industries de la confection. Ce thème de recherche correspond à la nécessité d'acquérir des résultats en ergonomie sur des aspects innovants des logiciels interactifs. Il s'agit d'enrichir les connaissances ergonomiques actuelles. Ces résultats ergonomiques génériques sont néces-

saires à une meilleure appréhension et résolution des problèmes d'utilité et d'utilisabilité auxquels sont confrontés les concepteurs d'interfaces nouvelles. Ils permettront également d'améliorer l'évaluation ergonomique de ces interfaces et d'enrichir le corpus de connaissances du domaine. Cet enrichissement est important pour le développement des recherches menées sur le premier thème du projet.

méthodes ergonomiques pour l'évaluation et la conception de logiciels interactifs

5.1 Étude et développement de méthodes ergonomiques pour l'évaluation et la conception de logiciels interactifs

5.1.1 Comparaison de méthodes d'évaluation ergonomiques pour le Web

Participants : J. M. C. Bastien, C. Leulier, D. L. Scapin.

Une étude (dans le cadre d'une thèse en fin de rédaction) a été consacrée d'une part, aux difficultés ergonomiques auxquelles les utilisateurs font face lorsqu'ils utilisent des sites Web commerciaux (trois sites Web proposant la vente d'ouvrages par correspondance); d'autre part, à l'identification des apports relatifs en matière d'évaluation de la qualité ergonomique de plusieurs méthodes : tests utilisateurs, questionnaires et inspection ergonomique. L'analyse des résultats (en termes de problèmes diagnostiqués) a montré un recouvrement important des problèmes ergonomiques détectés par la mise en application des Critères Ergonomiques et de ceux mis en lumière par les tests utilisateurs et les questionnaires. Les résultats aux questionnaires de satisfaction ont par ailleurs permis de disposer d'informations précieuses, en terme d'opinions, notamment grâce au questionnaire de comparaison des sites entre eux.

Pour évaluer la Qualité Ergonomique globale d'un site, il apparaît que les méthodes les plus efficaces (en termes de type et nombre de problèmes détectés) sont les méthodes qui nécessitent le plus de préparation avant leur mise en œuvre (préparation de la check-list de recommandations adaptées à l'interface à évaluer ; mise au point du questionnaire), mais dont les résultats sont ensuite plus rapides à analyser (l'espace des réponses possibles est restreint) :

- l'inspection à l'aide des Critères Ergonomiques : il s'agit cependant d'une des méthodes requérant le plus d'interprétation et d'expertise de la part du praticien, selon les caractéristiques du système à évaluer.
- l'inspection à l'aide d'une compilation de recommandations : ce type d'inspection doit cependant être guidé par une grille d'analyse, sorte de check-list de recommandations, adaptée au type d'interface à évaluer (ici le Web) et au type de site Web, pour pouvoir passer en revue efficacement un ensemble de points pertinents.
- les questionnaires de satisfaction : ceux-ci , tout comme les check-lists de recommandations doivent, pour donner de bons résultats, être adaptés aux problèmes que peuvent soulever les interfaces à évaluer. On note par ailleurs que la proportion de problèmes diagnostiqués augmente encore si ces derniers sont accompagnés de questions ouvertes permettant alors aux participants d'émettre des commentaires plus librement.

Lorsque l'objet de l'évaluation ne porte pas sur la Qualité Ergonomique globale de sites Web mais sur la validation ou l'infirmité d'hypothèses précises, d'alternatives de choix de conception, ou sur une comparaison de sites, par exemple lors de benchmarks ; les tests utilisateurs permettent d'obtenir les retours les plus riches et les plus pertinents, et ainsi d'obtenir

des données tangibles pour appuyer, prouver et argumenter la nécessité d'améliorer les sites Web étudiés.

A partir de ces résultats, l'objectif sera de définir de façon précise une démarche d'évaluation structurée prenant en compte les diverses méthodes d'évaluation étudiées.

5.1.2 Co-inspection évaluative

Participant : D.L. Scapin.

Dans le cadre d'une collaboration entre l'INRIA et l'UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Informática e Estatística, Centro Tecnológico, Laboratório de Utilizabilidade da Informática), une étude a eu pour objectif de définir une technique d'évaluation ergonomique d'applications Web destinée à des concepteurs et chefs de projets non experts en ergonomie. Ce genre de méthode n'est pas destiné à remplacer l'éventail des méthodes ergonomiques existantes, mais à permettre à des non-experts de repérer des erreurs de conception relativement flagrantes (pour des ergonomes expérimentés). La méthode « ErgoCoin » a été basée sur la confrontation de deux approches : les Critères Ergonomiques et les Composants d'interaction personne-ordinateur. L'objectif est de disposer d'une méthode peu coûteuse en temps et nécessitant peu d'expertise en ergonomie (ceci suppose donc un guidage explicite). La Co-inspection évaluative est par ailleurs fondée sur des inspections dont les paramètres sont issus des données d'une analyse du contexte et de la mise en œuvre du logiciel considéré. Pour cela, l'évaluateur procède à des interviews/questionnaires des utilisateurs et des concepteurs et accomplit une activité de description du système, puis une inspection évaluative guidée. Cette année, les travaux ont concerné principalement le développement d'outils de support qui seront installés sur site Web. La méthode d'inspection sera ensuite validée sur divers sites commerciaux, notamment au travers de comparaisons avec des tests utilisateurs et autres données évaluatives. Par ailleurs, est envisagée la perspective de constituer une base de connaissances sur l'utilisabilité des sites Web commerciaux.

5.1.3 Extension des Critères Ergonomiques aux Environnements Virtuels

Participants : C. Bach, D.L. Scapin.

Un examen de la littérature scientifique sur l'ergonomie des Environnements Virtuels (EV) est en cours d'achèvement. L'objectif de cette étude est de constituer un recueil de recommandations adapté à ces environnements, puis une méthode d'inspection ergonomique destinée aux EV. La revue de littérature a permis de constituer un fonds documentaire qui aborde les différents thèmes relatifs aux Human Factors en EV : performance utilisateurs, sécurité des dispositifs et aspects collaboratifs des EV. Le fonds documentaire que nous avons constitué comporte actuellement environ 450 articles, 10 thèses, 4 ouvrages de références et 3 recueils de recommandations ergonomiques ainsi que 170 abstracts (issus des Ergonomics Abstracts). L'extraction des recommandations ergonomiques à partir de ce fonds documentaire a nécessité la mise en place d'une grille de description (avec des attributs du type : source bibliographique de la recommandation ; cadre d'application de la recommandation à travers la description de la tâche, des utilisateurs et de la configuration informatique ; type de la recommandation :

pratique habituelle (« *common practice* »), guide ergonomique, expérimentation, opinion des auteurs, révision de résultats expérimentaux ; affectation d'un Critère Ergonomique, etc.). Cette étude est bien évidemment tributaire de l'avancement des travaux et des tests expérimentaux : on peut s'attendre à ce que les résultats concernant les technologies 3D évoluent, en termes de connaissances ergonomiques, comme d'autres technologies plus anciennes (e.g. GUIs), c'est-à-dire, selon des étapes de type innovation/émergence/test /amélioration/diffusion, qui vont de la création des technologies jusqu'à leur utilisation ; les résultats ergonomiques, quant à eux, commençant bien souvent à partir du moment où les technologies sont suffisamment mûres pour donner lieu à des tests d'utilisation. A ce jour, 180 recommandations ont été caractérisées selon la méthode ci-dessus. Les travaux à venir consisteront à poursuivre la traduction du fonds documentaire en recommandations, à constituer des heuristiques d'évaluation et à les tester expérimentalement.

5.1.4 UsabilityNet

Participants : J. M. C. Bastien, D.L. Scapin.

En dépit des bénéfices de l'approche et des méthodes centrées sur l'utilisateur (identification des besoins utilisateurs, analyse de tâches, méthodes d'évaluation, etc.) pour la conception de produits, de services et d'applications interactives, ces dernières sont peu utilisées en Europe. Il n'est pas surprenant de constater, dans ce contexte, que les applications et systèmes informatiques soient difficiles à utiliser et qu'ils ne correspondent pas aux caractéristiques des utilisateurs et de leurs activités. Afin de favoriser la dissémination et l'adoption d'une démarche ergonomique dans la conception de tels produits, un réseau a été mis sur pied dans le cadre du programme européen IST : UsabilityNet. Ce réseau de compétence a produit un site Web (<http://www.usabilitynet.org>) afin de rassembler les ressources et les compétences locales et européennes en utilisabilité (*usability*). Ce site permet aussi de présenter des études de cas et des tutoriels. De plus, une liste de discussion sur les « *bests practices* » est animée par les membres du réseau.

5.1.5 La mise en œuvre des tests utilisateurs

Participants : N. Grondin, C. Bastien.

Les tests utilisateurs occupent une place de première importance parmi les méthodes d'évaluation de la qualité ergonomique des logiciels interactifs. Si l'art et la manière de les mettre en œuvre (sélection des participants, établissement des tâches, mesures à effectuer, etc.) a suscité de nombreux écrits, un aspect de cette mise en œuvre n'a toutefois pas été abordé. Cet aspect concerne la passation des participants. Traditionnellement, les tests utilisateurs se déroulent en sessions individuelles. Toutefois, dans certains contextes et avec certains participants, cette passation individuelle peut être ressentie comme inconfortable, voire intimidante. Comme alternative, les tests pourraient éventuellement se dérouler en binômes, c'est-à-dire en réunissant, à chaque session de test, deux utilisateurs plutôt qu'un seul. Une étude a donc été mise sur pied pour évaluer les avantages et inconvénients de cette alternative du point de vue du nombre et de la nature des défauts de conception que cette méthode permet d'identifier.

Le domaine d'application choisi pour cette étude est la télévision interactive. Au total, 16 personnes ne connaissant pas les services interactifs proposés, 8 binômes ne connaissant pas non plus les services (soit 16 autres participants) et 10 personnes (expérimentées) ayant accès aux services proposés depuis quelques mois ont participé à l'étude. Les participants ont réalisé, seuls ou en binômes, 8 scénarii de tests représentatifs de l'utilisation des services interactifs proposés. À la fin de chaque scénario, les participants devaient noter le degré de « *facilité d'utilisation* » et d'« *agrément* » ressenti lors des scénarii. Les participants répondaient ensuite à un questionnaire de satisfaction. Les principaux résultats montrent que les passations individuelles sont celles qui fournissent le plus d'informations sur l'utilisabilité et que les passations en binômes permettent de préciser les difficultés ou facilités rencontrées lors de la découverte des services. Les monômes expérimentés permettent quant à eux de souligner certaines difficultés ou gênes récurrentes. Cette étude a donné lieu à un mémoire de DEA [45].

5.1.6 Modélisation des tâches et prédiction de la charge mentale

Participants : J. M. C. Bastien, N. Grondin, V. Lucquiaud, D.L. Scapin.

Une étude est en cours, en collaboration avec la SNCF et la RATP (projet PREDIT) sur l'utilisation de descriptions MAD* (Méthode Analytique de Description) comme moyen de prédiction de la charge de travail. L'objectif du projet est notamment de déterminer les facteurs de charge informationnelle, c'est-à-dire de sur-sollicitation ou de sous-sollicitation perceptive et cognitive, lesquels influent non seulement sur le confort des opérateurs et la qualité de service, mais aussi sur la sécurité des circulations. Deux examens de la littérature sont en cours :

- l'un sur l'ergonomie de la charge de travail : il s'agit d'identifier, dans divers domaines (ferroviaire, aéronautique, automobile) les modèles explicatifs et les résultats expérimentaux permettant de caractériser les situations et paramètres de charge, et de les décrire du point de vue des tâches.
- l'autre sur les modèles formels de description des tâches : il s'agit de recenser, évaluer et classifier les modèles, sémantiques et grammairaux, notamment du point de vue de leurs contributions relatives aux différentes étapes du processus de développement de logiciels, afin d'alimenter les choix de conception d'un nouvel éditeur de tâches permettant d'élargir le spectre d'application du modèle MAD*.

5.1.7 Stratégies contextuelles d'aide en ligne

Participants : A. Capobianco, N. Carbonell.

L'objectif de cette recherche qui a bénéficié jusqu'au 30 septembre 2001 du soutien de la DGA (allocation de recherche DGA/CNRS), est la définition, la mise en œuvre et l'évaluation ergonomique de stratégies efficaces d'aide en ligne contextuelle à l'utilisation de logiciels grand public. La thèse de A. Capobianco, en voie d'achèvement, porte sur ce thème.

La première étape a été d'étudier comment des experts humains mettent à profit le contexte de l'interaction pour faciliter à des utilisateurs novices la découverte d'un logiciel grand public et pour les aider à acquérir la maîtrise de son utilisation. L'analyse de dialogues tuteur-novice dans deux situations de communication (liaison téléphonique vs. environnement partagé) a

permis de mettre en évidence la nature et le rôle des informations contextuelles impliquées dans les stratégies d'aide de tuteurs humains. Les principaux résultats de cette étude sont présentés dans [31]. Ces résultats ont conduit également à l'élaboration de recommandations de conception dans le cadre du paradigme '*Universal Design*' [32].

L'évaluation ergonomique des stratégies d'utilisation du contexte développées par les experts a pris la forme d'une expérimentation réalisée en juin 2001. Dix huit utilisateurs novices ont utilisé successivement deux formes d'aide en ligne, l'une contextuelle, l'autre non, pour réaliser des tâches prédéfinies de mise en page et d'édition en utilisant un logiciel courant de traitement de textes. La simulation des deux systèmes d'aide interactive s'appuie sur la technique du magicien d'Oz, mais fait intervenir une plateforme logicielle développée avec le concours de stagiaires. Cette plateforme destinée à faciliter/alléger la tâche des « compères » est une implémentation partielle des fonctions des systèmes d'aide testés. L'analyse des données expérimentales recueillies et leur étude comparative permettront de déterminer la contribution exacte à l'efficacité des systèmes d'aide en ligne, d'une mise en œuvre des informations contextuelles disponibles qui s'inspire des stratégies d'utilisation du contexte employées par des experts humains.

N.B. Ces travaux ont fait l'objet d'une diffusion scientifique (cf. [20] et le dossier technique de 01 *Informatique* de janvier 2001).

5.2 Ergonomie du multimédia et du multimodal

5.2.1 Conception de documents hypermédia et problèmes de navigation

Participants : L. Médini, D. L. Scapin.

Dans le cadre d'une coopération avec le CEA, une thèse en traitement de l'information a été soutenue [18]. Cette thèse s'appuie sur une perspective pluridisciplinaire pour présenter une approche originale d'accès à l'information dans les organisations. Pour cela, elle fait appel à la gestion des connaissances, à l'ergonomie, à la conception d'hypermédias, à la recherche d'information et à la conception logicielle. Cette thèse a permis de bâtir un prototype de « Livre Multi-utilisateurs de Connaissances Électronique » (LMCE), qui est un document hypermédia structuré à partir d'une collection de diagrammes de connaissances. Ce LMCE permet à la fois la navigation dans ces diagrammes et la construction d'une requête d'interrogation multicritères sur une base documentaire. Cette thèse s'est appuyée sur une application réalisée pour un projet opérationnel dans le domaine de la maîtrise du risque de criticité nucléaire. Le projet applicatif a eu lieu au Service d'Études de Criticité (SEC) de l'Institut de Protection et de Sécurité Nucléaire (IPSN).

L'accès à l'information avec le LMCE s'effectue grâce à une stratégie hybride qui inclut navigation hypermédia, interrogation et prise en compte des profils d'utilisation. Cette stratégie permet aux utilisateurs de construire des requêtes documentaires soit en les tapant au clavier, soit en sélectionnant au cours de la navigation dans les diagrammes de connaissances des éléments pertinents pour leurs besoins d'information. La méthodologie de conception d'un LMCE en fonction de cette stratégie d'accès à l'information est décrite dans le numéro spécial de la revue « *Document Numérique* » concernant « L'indexation » [26].

Le LMCE incorpore des modèles de connaissances sur l'activité modélisée, des profils des différents types d'utilisateurs et un modèle « *orienté utilisation* » du système d'information de l'organisation. Les spécifications et le rôle de chacun des modèles conceptuels par rapport à la définition de la requête sont détaillés dans le numéro de la revue « *Technical Communications* » [25]. La thèse comporte une revue de questions qui positionne le thème central des travaux (l'accès à l'information) par rapport aux différentes disciplines concernées. La problématique qui se dégage concerne la mise en relation de ces disciplines dans la perspective d'un accès à l'information guidé par un modèle de l'activité spécifique de l'utilisateur. Puis sont présentés les méthodes et outils utilisés pendant la thèse. La description du travail réalisé développe cette problématique et aborde le processus de mise au point de l'architecture générique du LCE. La discussion met l'accent sur les apports de la mise en relation de la gestion des connaissances et de l'ergonomie pour faciliter l'accès à l'information dans les organisations.

Une nouvelle version du démonstrateur de LMCE réalisé pour le SEC a été présentée à la soutenance de thèse. Deux types d'éléments entrent dans la composition de son architecture : les éléments d'interface sont génériques et forment la partie visible du système ; les éléments de modélisation sont spécifiques au projet et contiennent l'information visualisée. Ce démonstrateur fait appel aux technologies XML et XSL pour la structuration et la composition des DVP et au langage JavaScript pour les aspects dynamiques. La technologie ActiveX permet à l'utilisateur de stocker ses paramètres personnalisés directement sur son disque, sous forme de fichiers XML. Le système peut ainsi se passer d'une base de données côté serveur, ce qui permet d'envisager une évolution vers la personnalisation et le partage des données issues de la modélisation. Un système d'annotation des diagrammes par les utilisateurs est d'ailleurs actuellement à l'étude.

Le démonstrateur est en cours de déploiement au SEC. Quelques exemplaires du système ont été installés en septembre dernier pour être testés, et les premiers retours d'expérience sur l'utilisation de ce système doivent être recueillis avant la fin de l'année. Parallèlement, la préparation d'une inspection ergonomique du prototype, des tests d'utilisation et un questionnaire sont en cours. L'objectif de cette phase de tests est d'évaluer à la fois la qualité ergonomique des différents éléments constitutifs de l'architecture et l'utilisabilité générale du système. Ce dernier résultat doit également permettre de valider la stratégie hybride d'accès à l'information. Une fois cette stratégie validée, le champ d'application du LCE pourrait être élargi au cas par cas selon les projets, soit pour le relier aux applications spécifiques du domaine (logiciels de calcul scientifique, progiciels de gestion...), soit pour des applications plus génériques telles que la veille technologique.

5.2.2 Facilité d'apprentissage d'une nouvelle interface pour le contrôle aérien

Participants : J.M.C. Bastien, H. David.

Suite à une étude des interfaces des systèmes de contrôle du trafic aérien « en-route », une interface nouvelle a été proposée. La conception de cette interface est basée sur une nouvelle répartition des tâches entre le système informatisé et le contrôleur aérien. Cette interface, fondamentalement différente des interfaces actuelles, constitue une révision radicale du processus de contrôle du trafic aérien « en-route ». Dans le cadre de cette collaboration, des tests utilisa-

teurs ont été menés auprès d'une population non-spécialiste du contrôle aérien. L'objectif était ici d'évaluer la facilité d'apprentissage de cette nouvelle interface et d'évaluer, subséquentement, sa facilité d'utilisation lors de simulations de contrôle aérien. Vingt-cinq étudiant(e)s ont pris part à cette étude. Après une présentation générale de l'activité de contrôle aérien, les participants ont pris part à une session d'entraînement comportant 20 exemples de conflits aériens à résoudre. Cette phase d'entraînement a été suivie d'une phase de test au cours de laquelle les participant(e)s ont été confrontés à une situation expérimentale correspondant à une heure de contrôle avec un taux d'entrée d'avion dans le secteur de plus de 250 par heure. Les résultats préliminaires indiquent que 19 participants sur 25 (76%) ont résolu tous les conflits auxquels ils ont été confrontés. Six participants (24%) ont échoué à résoudre au moins un conflit ; le maximum de conflits non résolus par un participant étant 6 conflits). Ce nombre de conflits non résolus représente un nombre très faible du nombre total de conflits résolus. En moyenne, les participants ont été confrontés à 52,88 conflits (Étendue : 37 à 62 ; SD = 7,167). Des analyses sont actuellement en cours afin de déterminer la nature des stratégies utilisées par les participants et le résultats de ces stratégies, c.-à-d. les temps de résolution, la position (niveau et cap) et le temps de sortie du secteur aérien. Cette étude a donné lieu, cette année, à deux communications dans des congrès scientifiques [35] [36].

5.2.3 Activités des stylistes-modélistes dans la conception de vêtements

Participants : D.L. Scapin, R. Taillefer.

Une revue de la littérature, effectuée dans le cadre du projet Eureka-Comédia, tente de mettre en évidence les questions que pose l'ergonomie dans les industries textiles, en particulier sur les aspects de la conception graphique par les stylistes et les modélistes. Le travail des stylistes et des modélistes se trouve au coeur d'un ensemble de plus de 20 métiers qui sont situés dans l'industrie ou l'artisanat. Dans l'industrie, ce travail a lieu dans un collectif de travail où il y a une forte interdépendance des concepteurs lorsque la situation est informatisée. L'utilisation de la CAO pose un certain nombre de problèmes : gestion de la cohérence des productions individuelles et rigidification des procédures. D'un autre point de vue, la CAO peut aider à la mise en commun des idées et apporter une aide à la spécification des modèles. Du point de vue cognitif, l'usage des systèmes d'aide en CAO est complexe. La visualisation d'objets à l'écran pose quelques problèmes d'utilisation dans un contexte où les choix possibles et le niveau de standardisation des symboles visuels sont essentiels. L'utilisation de la 3D est problématique, en particulier du fait de l'incompatibilité potentielle entre des représentations en 3D et des dispositifs d'entrée en 2D. Les solutions comme la réalité augmentée et la possibilité d'interactions manuelles permettent d'envisager une « dé-virtualisation » des instruments de l'interaction physique et d'accélérer celle-ci. Quelques principes de conception sont suggérés dans la littérature : possibilités de feed-back immédiat, saisie des informations géométriques simple et rapide, qualité d'affichage à l'écran, bonne lisibilité, respect de la structure visuelle et de la hiérarchie de l'information, respect des standards graphiques, enfin prise en compte du contexte d'utilisation, ainsi que des aspects formation.

Par ailleurs, une analyse de l'activité des stylistes-modélistes a été menée également [49], [27] dans le cadre du projet Eureka-Comédia. L'analyse décrit les différentes phases de l'acti-

tivité pour le stylisme (préparation du travail, réalisation du croquis, confirmation des tracés, finitions) ; pour le modélisme instrumenté (identification des références, préparation du travail de construction, création du nouveau modèle, construction de la toile, finition du modèle) et non instrumenté (préparation du travail de construction, construction de la toile, vérifications et réglages) ; pour le prototypage (réalisation du prototype de vêtement sur le tissu final, avant industrialisation). Ces analyses soulignent notamment les problèmes d'itération et de compatibilité entre les versions 2D (à plat) et 3D (sur le mannequin), et le problème du « droit fil » (verticalité de la fibre durant le montage). Les outils futurs devront être étudiés afin de permettre :

- des représentations réduisant le nombre d'itérations 2D / 3D
- des moyens d'échange des représentations styliste/modéliste permettant la mise en commun des idées de conception et leur visualisation en 2D ou en 3D
- des moyens de faciliter la perception d'éléments essentiels comme le droit fil et les rotations des modèles sur des plans réalistes.

5.2.4 Intégration de la parole (entrées/sorties) dans les interfaces graphiques

Participants : N. Carbonell, S. Kieffer.

L'expression orale en langue naturelle est un mode de communication homme-machine susceptible de séduire le grand public, surtout dans un environnement multimodal où l'association à la parole de gestes de désignation sur un écran tactile permet de simplifier l'interprétation des expressions linguistiques de référence. D'autre part, le recours à la multimodalité parole + geste s'impose dans de nombreuses applications nouvelles où l'usage du clavier est malaisé, voire impossible : informatique mobile ou embarquée, bornes interactives, informatique domestique. Enfin, plus généralement, l'interaction multimodale homme-machine contribue à promouvoir l'accessibilité de tous, dans tous les contextes d'utilisation, à la Société de l'information dont l'essor s'accélère sous l'impulsion des évolutions technologiques actuelles. Enfin, les possibilités qu'offre, en sortie, la parole associée au graphique n'ont pas encore été suffisamment exploitées et demeurent en grande partie inconnues.

Cette année, notre activité dans ce domaine a évolué et s'est diversifiée.

Nous avons élaboré un ensemble de recommandations à l'intention des concepteurs, à partir des conclusions de notre programme de recherche expérimentale sur l'utilisation libre ou contrainte de la parole et du geste 2D pour interagir avec les applications graphiques courantes [33, 34].

Nous avons également entrepris l'étude de l'apport de messages oraux au repérage d'objets graphiques (icônes notamment) dans des affichages complexes 2D ou 3D, en réalisant une première expérimentation (cf. le mémoire de DEA de Suzanne Kieffer[46]) qui s'appuie sur une taxonomie des présentations visuelles inspirée de la classification proposée par N. O. Bernsen. Cette étude sera poursuivie par S. Kieffer dans le cadre d'une thèse d'informatique.

5.2.5 Dispositifs d'interaction multimodaux pour la conception

Participants : N. Carbonell, D.L. Scapin, C. Tison.

Un des thèmes de recherche du projet Eureka-COMEDIA concerne l'amélioration de l'interaction Utilisateur avec des Objets 3D au sein d'un environnement informatisé de conception. Une revue de questions est en cours sur les diverses techniques, modalités d'entrée-sortie et aspects cognitifs publiés dans le domaine de la 3D et des environnements virtuels. La plupart des exemples d'environnements 3D semblent jusqu'à présent essentiellement concerner des environnements d'apprentissage fidèles autant que possible à la réalité du terrain de mise en œuvre lors de ces enseignements (exemple : la simulation de conduite, l'apprentissage virtuel de la soudure), ou encore des environnements ne permettant au mieux que la « navigation » de l'utilisateur à des fins d'exploration d'environnements ludiques ou culturels (exemple : visite de musée virtuel, course à la voile en direct, survol de villes), tous destinés à une plateforme classique écran-clavier-souris.

L'analyse de l'activité sur quelques échantillons d'ateliers de modélisme dans le domaine de la confection du prêt-à-porter a conduit à constater l'existence d'un vocabulaire spécialisé qui prend place sous forme d'un discours de nature directive (exemple générique : "Effectuer telle opération à tel endroit sur le prototype référencé"). Ces verbalisations apparaissent comme autant de consignes enregistrées ou transcrites sous forme vocale ou dactylographiées et sont accompagnées d'un marquage sémiotique complémentaire (exemple : positionnement d'aiguilles sur le prototype), précisant le sens de la consigne verbale pour réalisation ultérieure. Les échanges Styliste-Modéliste aboutissant à ces consignes relèvent essentiellement de la communication. C'est pourquoi l'examen de la littérature s'est orienté vers la définition des caractéristiques générales d'une interface sans retour haptique, qui permettrait à l'utilisateur de mener à bien son activité au sein d'un environnement 3D de conception, non plus en essayant laborieusement d'effectuer les actions par lui-même (cas de l'extension de la "manipulation directe" au domaine de la 3D, qui souffre, semble-t-il, de l'immaturité du retour haptique), mais en signifiant au système les opérations qu'il souhaite voir réalisées par d'autres moyens.

L'examen de la littérature a porté jusqu'ici d'une part sur le feed-back principal que constitue l'affichage de l'environnement, et d'autre part sur les diverses modalités d'expression humaine exploitables en entrée machine dans un tel contexte. Un recensement des divers dispositifs d'entrée et d'affichage existants a permis de situer les contraintes inhérentes à l'usage des technologies associées, de définir les situations de conception au sein desquelles ils peuvent être mis en œuvre, et d'identifier les contraintes propres à l'usage de chacun des dispositifs en situation de conception.

Malgré le manque de maturité des techniques de suivi du regard, l'examen de la littérature disponible en laisse apparaître une exploitation possible comme l'un des dispositifs de choix pour, entre autres, les opérations de pointage participant à la sélection de l'objet devant subir l'opération envisagée (du fait que l'on regarde généralement ce que l'on fait ou ce que l'on va demander d'être réalisé). L'utilisation du regard en conjonction avec d'autres modalités mérite d'être étudiée. La modalité d'entrée la plus adéquate dans ce contexte est la parole dont le domaine de mise en œuvre semble toutefois devoir être restreint pour en améliorer l'efficacité. La troisième modalité d'entrée que constitue la gestuelle, semblerait pouvoir apporter d'autres

fonctionnalités complémentaires qui devraient elles aussi se voir restreintes à un sous-ensemble de gestes à reconnaître, en rapport avec le contexte de conception.

On peut ainsi, à l'instar des actes de discours, préciser une forme composite particulière d'actes d'expression multimodaux de l'utilisateur qui cherche à obtenir une action sur le monde par l'intermédiaire d'un tiers (habituellement, une tierce personne, mais en l'occurrence, le système informatique), mettant essentiellement en œuvre une verbalisation complétée par une gestuelle manuelle (exemples : "à mettre ici !" en pointant de l'index, ou "de cette longueur" en montrant un écart entre le pouce et l'index), ainsi que par une autre modalité rarement considérée comme gestuelle, que matérialise la direction du regard qui, dit-on habituellement du point de vue de la communication interpersonnelle, exprime partiellement les intentions de l'utilisateur.

Le recensement des modalités d'entrées inclut alors la reconnaissance vocale ainsi qu'une gestuelle corporelle comprenant outre les mouvements de la main, le suivi de la direction du regard. La modalité principale de sortie reste la présentation visuelle de l'objet 3D graphique qui dépend de critères tels que les dimensions de l'objet, la tâche à représenter, la relation spatiale entre l'opérateur et l'objet 3D, elle-même dépendante de la métaphore retenue concernant l'ensemble des actions de l'utilisateur au sein de l'environnement de présentation de l'objet 3D.

5.2.6 Conception participative et nouvelles technologies

Participants : W.E. Mackay, G. Pothier.

Sur la technique de conception participative avec vidéo, un CD-ROM interactif est en cours de montage (financement ACM/SIGCHI, pour distribution aux membres de SIGCHI et aux participants de CHI'2002) en collaboration avec l'équipe multimedia de l'INRIA (B. Hidoine). Ce CD-ROM à objectif pédagogique inclut l'enregistrement vidéo des différentes étapes de la conception participative (observation des utilisateurs, brainstorming, prototypage, évaluation). Le résultat sera également publié sous la forme d'un article [21], au printemps 2002. Par ailleurs, un workshop de 3 jours (financement EuroCONTROL) a été organisé sur le prototypage des futures interfaces du contrôle aérien. Vingt chercheurs et experts dans le domaine du contrôle aérien y ont participé. Les résultats du workshop ont été filmés par l'équipe multi-média de l'INRIA et présentés dans un CD-ROM : Mackay, Wendy E. (Décembre, 2001) *ATC2001 : Future Air Traffic Control User Interface*.

La conception d'interfaces interactives pour des familles distribuées : Le projet InterLiving [42] ; [47], en collaboration avec le LRI (Université Paris-Sud), le KTH (Stockholm), et l'Université du Maryland a étudié les besoins de familles distribuées et conçu des prototypes d'interfaces de type réalité augmentée, pour améliorer leur communication. Cette année, nous avons étudié trois familles suédoises et trois familles françaises pour analyser leurs modes de communication. Nous avons initié la conception participative par quatre "ateliers" avec les familles pour mieux comprendre leurs besoins. Nous avons développé et testé deux "sondes technologiques (*technology probes*)" : un tableau de messages pour l'échange de messages entre les foyers des familles et un "*tunnel video*" pour partager les images. Ces instruments seront installés dans les familles entre décembre 2001 et février 2002.

« aBook » - Cahier de laboratoire augmenté pour les biologistes : en collaboration avec

l'Institut Pasteur, un projet de conception participative a concerné le problème de la rédaction de cahiers de laboratoire [28]. Dans ces cahiers figurent, en plus des informations écrites susceptibles de contenir des références croisées, de nombreux autres documents : photographies, résultats d'analyse, etc. Ceci rend leur archivage problématique. L'informatique peut contribuer à la réduction de ces difficultés. Cependant des études de terrain ont montré que les biologistes, bien qu'utilisateurs compétents de l'outil informatique, sont attachés à leurs cahiers de laboratoire en papier. En effet, ceux-ci sont légers, mobiles, familiers et simples d'utilisation, caractéristiques dont ne disposent pas les ordinateurs de bureau classiques. Nous avons donc imaginé une manière de faire cohabiter l'informatique et le papier. Dans notre système, l'utilisateur écrit de manière naturelle sur les pages de son cahier en papier, mais un dispositif électronique enregistre en même temps les données afin de disposer d'un équivalent informatique du cahier. Ce modèle informatique permet d'ajouter de nouvelles fonctionnalités, telles que la gestion de liens hypermédia ou la mise à jour automatique d'une table des matières. Pour accéder à ces fonctionnalités, l'utilisateur dispose d'une "loupe magique", objet à travers lequel il peut voir, en surimpression des pages du cahier, un certain nombre d'informations supplémentaires, et qu'il peut utiliser pour interagir avec le système.

Nous avons construit un prototype de ce système constitué d'une tablette graphique pour la capture de gestes et d'un PC de poche servant de loupe magique. Bien qu'il ne soit pas utilisable en conditions réelles, il nous a permis de recueillir les opinions des biologistes sur son utilité. Dans un avenir proche, le développement de nouvelles technologies de capture de gestes et de réseau sans fil, ainsi que l'augmentation de puissance des terminaux informatiques mobiles permettra de construire un prototype portable, léger et suffisamment rapide pour être réellement utilisé. Dans le même temps, les fonctionnalités du système pourront être étendues en réponse aux attentes exprimées par les biologistes.

5.2.7 Accessibilité et interactions dans le domaine de la santé

Participants : A. Capobianco, N. Carbonell, S. Kieffer.

L'objectif principal du réseau IS4All du Programme IST est de recenser et de diffuser/disséminer les méthodes et techniques actuellement disponibles pour mettre en œuvre, dans le secteur de la Santé, les paradigmes de conception et d'accès universels. L'application choisie concerne l'accessibilité du dossier médical électronique des patients (DEMP).

Notre activité dans le cadre de ce projet européen s'est orientée cette année dans deux directions.

D'abord, nous nous sommes familiarisés avec les principes généraux sur lesquels se fonde le paradigme de conception 'Universal Design'. Nous nous sommes également intéressés aux tentatives de mise en œuvre de ce paradigme qui ont vu le jour au cours des dernières années dans des domaines de conception variés.

Cette étude a été le point de départ d'une réflexion que nous avons menée sur la contribution potentielle de l'aide en ligne à l'implémentation de ce paradigme en interaction homme-machine et, symétriquement, sur l'apport éventuel des principes qui sous-tendent ce paradigme à la conception de systèmes d'aide en ligne universellement accessibles, c'est-à-dire qui permettent l'accès de tous, dans tous les contextes d'utilisation, à la Société de l'Information de demain.

Cette réflexion méthodologique a fait l'objet d'une communication au Workshop satellite de CHI'01 [32] intitulé 'Towards universal access in the Information Society'.

D'autre part, concernant le domaine d'application, nous avons entrepris une enquête, sous la forme d'un questionnaire, auprès des éditeurs européens de logiciels impliqués dans la conception et le développement d'applications portant sur le DEMP. Ce questionnaire est achevé. Il est centré sur les techniques de prise en compte de la diversité des utilisateurs des DEMP (médecins généralistes, personnel hospitalier, patients, etc.). Il a été établi à partir d'une version préliminaire en français qui a été adressée à une cinquantaine de sociétés françaises. La version en langue anglaise, qui a bénéficié de l'analyse des réponses obtenues pour la version française, sera diffusée en 2002 en Europe avec le concours des associations d'utilisateurs (MSHUGE et ETHEL) membres du réseau.

5.2.8 La métaphore des auxiliaires actifs : une application à une messagerie pour aveugles

Participants : G. Michel, G. Uzan, J.M.C. Bastien.

Pour travailler sur ordinateur et accéder aux contenus Web, les aveugles disposent notamment de lecteurs d'écran et de navigateurs Internet spécialisés. Ces outils d'assistance sont construits autour de la métaphore du bureau et ne visent généralement qu'à rendre auditives les informations affichées. Le but de ces interfaces est de rendre visible et accessible les contenus. Ces outils posent toutefois des problèmes importants d'usage aux aveugles. Une approche différente de celle actuellement en vigueur a été développée. Elle se base sur la métaphore de l'assistant. Dans cette approche, la personne aveugle ne se trouve pas en face d'écrans ou de fenêtres plus ou moins bien connues mais communique avec des auxiliaires actifs dont chacun est spécialisé pour une catégorie de tâches. Une application de messagerie électronique a été développée. La démarche de conception a fait l'objet d'une table ronde aux Journées Informatiques de Metz.

5.2.9 Confort visuel et accessibilité des sites Web : évaluation d'une proposition pour internautes mal voyants et seniors

Participants : J.M.C. Bastien, A. Ali Ammar, M. De Luca, G. Uzan, G. Michel.

Le projet MErLIn a accompagné la société Visual Friendly S.A. dans la conception/spécification d'un service de personnalisation d'affichage (Label Vue) de pages Web. Ce service, destiné plus particulièrement aux internautes mal voyants et aux seniors, permet à ces derniers d'améliorer leur confort visuel et par conséquent leur confort de lecture en personnalisant, par exemple la taille des caractères, les contrastes, etc. L'internaute peut ainsi, à partir d'un site Web partenaire, personnaliser l'affichage de l'information. Les paramètres de cette personnalisation peuvent être conservés. Les sites partenaires peuvent ensuite être consultés soit directement par l'intermédiaire du paramétrage Visual Friendly, soit par la sélection sur le site partenaire de l'affichage Visual Friendly, au moyen d'une icône appropriée. Pour valider les choix de conception, des tests utilisateurs ont été réalisés. Une attention particulière a été portée à l'évaluation de l'efficacité du système de personnalisation et à la satisfaction des utilisateurs. Cinquante-

neuf internautes ont participé aux tests. Il s'agissait de 19 déficients visuels : personnes ayant des troubles visuels importants, utilisant ou non une aide technique ; 20 "seniors" : personnes âgées de plus de 45 ans et 20 personnes n'appartenant pas à l'une des catégories précédentes : étudiants pour la plupart. Le test a consisté en la réalisation de dix tâches (6 tâches de recherche du prix d'un article, 4 tâches d'achat simulé d'un article) sur les sites '<http://houra.fr>' et '<http://fnac.com>'. Les sites étaient présentés dans leur version originale ou dans leur version personnalisée. L'ordre de présentation des tâches tout comme la version du site ont été contrebalancés. Les premières analyses statistiques réalisées sur les durées des tâches indiquent que :

1. les déficients visuels prennent plus de temps pour réaliser la tâche que les seniors et les participants du groupe contrôle. Ces derniers ne diffèrent pas entre eux ;
2. les deux sites ne présentent pas le même degré de difficulté. Il faut moins de temps pour réaliser les tâches sur le site Houra qu'il n'en faut sur le site de la Fnac ;
3. indépendamment des difficultés, les participants apprennent à naviguer sur les sites, ce qui se traduit par une diminution des temps de réalisation des tâches ;
4. les durées de réalisation des tâches ne sont pas les mêmes selon la catégorie de participants sur les deux sites ;
5. les deux catégories de tâches choisies (1 à 5 et 6 à 10) ne présentaient pas le même niveau de difficulté ;
6. finalement, la version transformée des sites n'améliore pas de manière statistique les performances.

Toutefois, les résultats des questionnaires post-test indiquent que les seniors et les mal voyants utiliseraient un tel service s'il était généralisé à l'ensemble des sites Web grand public. Cette étude a donné lieu à un rapport interne [41] et à un mémoire de DEA d'Ergonomie [40]. Un article est en cours de rédaction.

6 Contrats industriels (nationaux, européens et internationaux)

- EuroCONTROL ATC Workshop et Consortium avec Stéria et EuroControl : les futures interfaces du contrôle aérien.
- Visual Friendly S.A. : Conception/évaluation de filtres permettant la personnalisation de l'affichage de pages Web pour mal voyants, aveugles et seniors.
- Centre Expérimental d'Eurocontrol : Facilité d'apprentissage et d'utilisation de logiciels interactifs.

7 Actions régionales, nationales et internationales

7.1 Actions nationales

- Réseau RNTL, thème 3 : Inventer de nouvelles interfaces personnes-systèmes-environnement. Rédaction de l'appel à propositions 2001 : W.E. Mackay.

7.2 Actions financées par la commission européenne

- Projet COMEDIA (EUREKA), en collaboration avec LECTRA-Systèmes et avec le projet MIRAGES de l'INRIA-Rocquencourt : ergonomie des outils de conception dans les industries de la confection.
- InterLiving ("Designing Interactive, Intergenerational Interfaces for Living Together"); projet IST ; KTH Suède, LRI et INRIA.
- Réseau thématique IS4All (Programme IST) avec FORTH, Microsoft Healthcare Users Group Europe, European Health Telematics Association, CNR-IROE, GMD, FhG-IAO : collection et dissémination de méthodes et techniques permettant la mise en œuvre, dans le domaine de la santé, des concepts de "Conception d'interfaces utilisateurs universelles" (*Universal Design*) et "Accès universel à la société de l'information" (*Universal Access*).
- UsabilityNet ("Usability Support Network"); programme IST, Accompanying Measure ; 12 pays européens impliqués.

7.3 Réseaux et groupes de travail internationaux

- AFNOR X3SE (Ergonomie les Logiciels Interactifs) ; animateur : D.L. Scapin
- ISO/TC 159/SC4/WG5 (Software ergonomics and human-computer dialogues) ; Expert : D. L. Scapin
- ISO/TC 159/SC4/WG6 (Human-centred design processes for interactive systems) ; Expert : D. L. Scapin
- Membre du WWDU Group (Work with Display Units Conferences) : D. L. Scapin
- Working Group ERCIM "User Interfaces for All" ; Member of the Steering Committee : N. Carbonell.

7.4 Relations bilatérales internationales

7.4.1 Amérique du Sud et Amérique Centrale

- Collaboration avec le Département de Génie de Production et Systèmes, Université Fédérale de Santa Catarina, Brésil (W. Cybis, N. Dos Santos), sur le thème organisation des connaissances ergonomiques pour la conception et l'évaluation d'interfaces et modélisation des tâches : D. L. Scapin.

8 Diffusion de résultats

8.1 Animation de la communauté scientifique

8.1.1 Organisation de manifestations scientifiques

- Organisation d'une session parallèle à UAHCI (New Orleans, août 2001) N. Carbonell.
- Organisation d'une rencontre LORIATech sur l'ergonomie des logiciels, 29 mars 2001, Nancy : N. Carbonell.
- Co-organisation d'un séminaire régional (Action "Téléopérations pour le commerce électronique), 14 décembre 2001, Nancy : N. Carbonell.

- JIM'2001 : Troisièmes Journées de l'Informatique Messine, IHM & Assistance (4-6 Juillet 2001). Comité d'organisation et de programme : Gabriel Michel.

8.1.2 Comité éditorial de journaux

- Behaviour and Information Technology. Member of the Editing Committee : D. L. Scapin.
- International Journal of Cognitive Ergonomics. Member of the Editing Committee : J.-C. Sperandio.
- International Journal of Human-Computer Interaction. Member of the Editing Committee : J.-C. Sperandio.
- International Journal of Human-Computer Studies. Reviews : D. L. Scapin.
- Revue d'Interaction Homme-Machine. Membres du Comité de Rédaction : J. M. C. Bastien ; D. L. Scapin ; W. Mackay.
- International Journal of Universal Access in the Information Society. Editorial Board Members : N. Carbonell, D. L. Scapin.
- Le Travail Humain : Membre du Comité de Rédaction : J.-C. Sperandio ; Membre du Comité de Consultants : N. Carbonell.
- In Cognito. Lecteur : D. L. Scapin.
- JCSCW (Journal of Computer-Supported Cooperative Work), édition spéciale : Evolving use of groupware. Review : W. Mackay.
- JESA : Journal Européen des Systèmes Automatisés. Reviews : D.L. Scapin.
- Revue du PRC-GDR I3. Membre du Comité de Rédaction : N. Carbonell.

8.1.3 Comité de programme de conférences

- ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'01), Seattle, Washington, 31 March-5 April 2001. Programme Committee Member : W. E. Mackay, D. L. Scapin.
- European Computer-Supported Cooperative Work (ECSCW'01), 12-13/05/2001, Bonn, Germany. Programme Committee Member : W. E. Mackay.
- Journées informatiques de Metz (JIM), colloque sur "IHM et Assistance", Metz 4-6 juillet 2001. Membres du Comité de Programme : J.M.C. Bastien, N. Carbonell, G. Michel, D. L. Scapin.
- INTERACT 2001, Tokyo July 9-13, 2001. International Reviewers Committee : D. L. Scapin.
- HCI Intl. International, August 5-10, 2001, New Orleans. International Reviewers Committee : D. L. Scapin.
- IHM-HCI'2001, Conférence conjointe de l'Association Francophone d'Interaction Homme-Machine et de la British HCI Group (10-14 septembre 2001, Lille). Membre du Comité de Programme (tables rondes) : J. M. C. Bastien ; Lecteurs : D. L. Scapin, W. E. Mackay.
- ÉPIQUE 2001 : Journées d'étude en psychologie ergonomique (Nantes, 29-30/09) Membres du Comité de Programme : D. L. Scapin, J.M.C. Bastien.
- IEEE Ubiquitous Computing (UbiComp'01), 30-31/09/2001 Atlanta, Georgia. Programme Committee Member : W. E. Mackay.

- UAHCI'2001 : International Conference on Universal Access in HCI, New Orleans, 8-10 août 2001. Programme Committee Member : N. Carbonell.
- UIST 2001 (User Interface Software Technology), November 11-14, 2001, Orlando, Florida. Treasurer : W. E. Mackay.

8.1.4 GdR, etc.

- GdR PRC I3 (Information, Interaction, Intelligence). Membres du Comité : J. M. C. Bastien, D. L. Scapin.

8.1.5 Sociétés savantes

- ACM-SIGCHI (Association of Computing Machinery ; Special Interest Group on Computer-Human Interaction). Members : J. M. C. Bastien, N. Carbonell, G. Michel, D. L. Scapin ; Vice Chair Publications : W.E. Mackay.
- AFIA (Association Française d'Intelligence Artificielle). Membre : N. Carbonell.
- AFIHM (Association Francophone d'Interaction Homme-Machine). Membres : D. L. Scapin (membre du C.A., membre de la Commission de Pilotage des Manifestations Scientifiques) ; J. M. C. Bastien (membre du C.A.) ; N. Carbonell ; G. Michel, R. Taillefer.
- ARC (Association pour la Recherche Cognitive). Membre : N. Carbonell.
- HFES (Human Factors and Ergonomics Society). Members : J. M. C. Bastien et D. L. Scapin.
- HFES-CSTG (Computers Systems Interest Group). Members : J. M. C. Bastien et D. L. Scapin.
- IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers). Member : N. Carbonell.
- ISCA (International Speech Communication Association). Member : N. Carbonell.
- SABA (Society for the Advancement of Behavior Analysis). Member : J. M. C. Bastien
- SELF (Société d'Ergonomie de Langue Française). Membres : J. M. C. Bastien ; D. L. Scapin ; J.-C. Sperandio ; R. Taillefer.
- SFA (Société Française d'Acoustique ; Groupe Francophone de la Communication Parlée). Membre : N. Carbonell.
- SFP (Société Française de Psychologie. Membre : J.M.C. Bastien.

8.1.6 Jurys de thèses et HdR

- David Navarre : "Contribution à l'ingénierie en Interaction Homme-Machine : Une technique de description formelle et un environnement pour une modélisation et une exploitation synergique des tâches et du système". Doctorat de l'Université Toulouse 1, spécialité informatique (02/07/02). D.L. Scapin : Examineur.
- Kamel Smali : "Les modèles de langage statistiques : de la reconnaissance à la traduction". Habilitation à diriger des recherches, Université Nancy 2, 20 juillet 2001. N. Carbonell : Examineur.

8.2 Enseignement universitaire

- Cours "Interfaces Homme-Machine", IAAI (Institut des Applications Avancées pour l'Internet), Marseille : L. Médini (17 h).
 - DEA d'ergonomie, Université René Descartes-CNAM-EPHE : J.-C. Sperandio (12h), J. M. C. Bastien (9 h).
 - DESS d'ergonomie, Université René Descartes : J.-C. Sperandio (100 h), J. M. C. Bastien (72 h), C. Leulier (4h), W.E. Mackay (15 h), G. Michel (12 h).
 - DESS d'Intelligence Artificielle, Université Paris 6 : W.E. Mackay (16 h).
 - D.U. Facteurs Humains pour le conception de systèmes homme-machine en aéronautique, Université René Descartes : J. M. C. Bastien (3h), J.-C. Sperandio (6h).
 - DU.U Ingénierie du Vieillissement, IUP Ville et Santé, Campus de Bobigny : J.M.C. Bastien (4 h).
 - 3ème cycle « Marketing et Commerce sur Internet », Pôle Universitaire Léonard de Vinci : C. Leulier (6h).
 - DESS Information Scientifique et Technique, co-habilité par les trois universités de Nancy : N. Carbonell (70h).
 - DESS Psychologie du travail et nouvelles technologies, Université de Metz : G. Michel (15h).
 - Wordiplom in informatik, HTW Sarrebruck : G. Michel (45h).
 - Maîtrise de Psychologie, Université René Descartes : C. Bastien (12h).
 - DEA Informatique, co-habilité par les trois universités de Nancy : N. Carbonell (10h), co-responsable de filière PRTAL, membre permanent du jury de soutenance.
 - Mise en place d'une formation franco-allemande intégrée en informatique, mention IHM sur 4 ans entre l'Université de Metz et la HTW de Sarrebruck : G. Michel.
 - IUP IHM, Université de Metz : G. Michel (80h).
 - Institut International du Multimédia, Pôle Universitaire Léonard de Vinci : J.M.C. Bastien (40h).
 - Licence de Psychologie, Université René Descartes : C. Bastien (12h).
 - Master's Informatique, IPO, Eindhoven, The Netherlands : W.E. Mackay (8h).
 - Master's Informatique, KTH, Stockholm, Sweden : W.E. Mackay (8h).
 - Master's Informatique, IVREA, Italy : W.E. Mackay (8h).
 - DESS IA Université de Paris VI : W.E. Mackay (16h).
 - Ecole des Mines, Nantes : W.E. Mackay (18h).
- séminaires, invitations

8.3 Participation à des colloques, séminaires, invitations

- Institut Frédéric Bull, Louveciennes, 18 janvier 2001, "Ergonomie des logiciels interactifs" : exposé de D. L. Scapin.
- Chercheurs invités : Walter Cybis (U. Santa Catarina, Brésil) 29/01-10/02 ; Marcelo Morandini (U. Maringa, Brésil) 29/01-24/02 : conception et implémentation d'une méthode de co-évaluation ergonomique des sites Web (projet TVU-CECI, collaboration INRIA/CNPq).

- Séminaire LORIA Tech, 29 mars 2001, Nancy "Ergonomie des logiciels" : interaction multimodèle" : exposés de N. Carbonell et de C. Leulier.
- Conférence "Laval Virtual 2001", Laval, 16 au 18 mai 2001. Participation : C. Bach, C. Tison.
- "Journées recherche-industrie" IliaTech, Rocquencourt, 19 juin 2001, "Ergonomie des logiciels interactifs : aspects méthodes" : exposé de D. L. Scapin.
- University of Maryland, Human-Computer Interaction Lab Workshop, Disappearing Nights Workshop (Août 2001) InterLiving : Designing Interactive, Intergenerational Interfaces for Living Together : exposé de W.E. Mackay.
- 36ème Congrès de la SELF, Montréal 3 au 5 septembre 2001. Participation : R. Taillefer.
- Journées annuelles du RISC, "La Cognition : de l'artificiel au naturel", Collège de France, Paris 26 au 27 octobre 2001. Participation : C. Bach.
- Journées ASTI, 24 au 27 avril, Paris. Demonstration of CPN/2000 : W. E. Mackay.
- European Conference on Telematics in Health Care, Tessaloniki, 7-9 mars 2001. Participation : N. Carbonell.
- Workshop 14 'Universal Design : Towards universal access in the Information Society', CHI'2001, International Conference, Seattle (WA), April 1, 2001. Participation : A. Capobianco, N. Carbonell.
- CHI'2001n International Conference, Seattle, 3-5 April 2001. Participation : A. Capobianco, N. Carbonell, D. L. Scapin, W.E. Mackay.
- Journées LORIA, La Bresse, 2-3 mai 2001 : exposé de N. Carbonell.
- HCI'International, New Orleans, 8-10 August 2001. Participation : A. Capobianco, N. Carbonell.
- IHM-HCI'2001, Lille, 12-14 septembre 2001. Participation : A. Capobianco, N. Carbonell, D. L. Scapin.
- Séminaire d'évaluation du programme 3A de l'INRIA, Plombières, 15-16 octobre 2001 : exposés de N. Carbonell, D. L. Scapin, J. M. C. Bastien.
- Journées scientifiques du Réseau Grand Est de l'ACI Cognitive, 18-19 octobre 2001, La Petite-Pierre. Participation : N. Carbonell.
- Meeting of the ERCIM Working Group 'User Interfaces for all', Heraklion, 29 octobre 2001. Participation : A. Capobianco.
- Dagstuhl Seminar on 'Coordination and Fusion in Multimodal Interaction, Dagstuhl, 29 octobre 2001 - 2 novembre 2001. Participation : N. Carbonell.
- Journées RFIA, Col de Saales, 19-20 novembre : exposés de N. Carbonell, S. Kieffer.
- Séminaire "Téléopérations pour le commerce électronique", 14 décembre 2001, Nancy. Exposés de : N. Carbonell "Interaction multimodale avec des environnements virtuels de conception 3D" ; D. L. Scapin "Etudes ergonomiques des outils de conception dans les industries de l'habillement" ; C. Tison "Nouvelles techniques d'interaction pour la CAO 3D" ; J. M. C. Bastien "Rôle des techniques de détection et suivi du regard dans l'évaluation de la qualité ergonomique des sites Web".
- Association Doc Forum, Lyon, 7 juin 2001. Communications invitées "L'approche ergonomique appliquée à la conception et à l'évaluation des sites Web" : J.M.C. Bastien ; "Internet : exemples et contre-exemples ergonomiques" : J.M.C. Bastien.
- Séminaire E.F.E. (Édition Formation Entreprise) " Website Content Management : Op-

- tez pour une gestion dynamique du contenu de votre site Internet ", Paris, 22, 23 et 24 octobre 2001. Communication invitée "Quelles spécificités de la rédaction pour une lecture sur écran? " : J. M. C. Bastien, C. Bringand.
- Séminaire Eurocontrol, Brétigny, 22-24 août 2001. "ATC2001 : Future Air Traffic Control User Interface". Organisation : W.E. Mackay.

9 Bibliographie

Ouvrages et articles de référence de l'équipe

- [1] R. AMALBERTI, N. CARBONELL, P. FALZON, « User representations of computer systems in human-computer speech interaction », *International Journal of Man-Machine Studies* 38, 1993, p. 547–566.
- [2] N. CARBONELL, « Acquisition et formalisation de stratégies d'aide à la mise en œuvre de logiciels grand public », *rapport de recherche*, Inria, Rocquencourt, France, février 1997, Contribution au Rapport final du Projet de Recherche "Dialogue et coopération" soutenu par le PRC 'Sciences Cognitives'.
- [3] J.M.C. BASTIEN, D.L. SCAPIN, « A validation of ergonomic criteria for the evaluation of human-computer interfaces », *International Journal of Human-Computer Interaction* 4, 1992, p. 183–196.
- [4] J.M.C. BASTIEN, D.L. SCAPIN, « Evaluating a user interface with ergonomic criteria », *International Journal of Human-Computer Interaction* 7, 1995, p. 105–121.
- [5] A. POLLIER, « Évaluation d'une interface par des ergonomes : diagnostics et stratégies », *Le Travail Humain* 55, 1992, p. 71–96.
- [6] S. ROBBE, *Étude ergonomique de contraintes d'expression orales et gestuelles dans un environnement multimodal d'interaction homme-machine*, thèse de doctorat, Université Henri Poincaré, décembre 1998.
- [7] F. G. RODRÍGUEZ, D. L. SCAPIN, « Editing MAD* task descriptions for specifying user interfaces, at both semantic and presentation levels », in : *Proceedings of the Eurographics Workshop (DSV-IS'97) : Design, Specification, and Verification of Interactive Systems '97, Granada, Spain*, M. D. Harrison, J. C. Torres (éditeurs), Springer-Verlag/Wien, p. 193–208, New York, NY, 4–6 june 1997.
- [8] D. L. SCAPIN, J. M. C. BASTIEN, « Ergonomic criteria for evaluating the ergonomic quality of interactive systems », *Behaviour & Information Technology* 16, 1997, p. 220–231.
- [9] D. L. SCAPIN, C. PIERRET-GOLBREICH, « Towards a method for task description », in : *Proceedings of Working With Display Units*, L. Berlinguet, D. Berthelette (éditeurs), Elsevier, p. 371–380, Amsterdam, The Netherlands, 1990.
- [10] D. SCAPIN, « The need for a Psycho-engineering approach to HCI », in : *II Congresso Latino Americano e VI Seminario Brasileiro de Ergonomia, Florianopolis, Brasil*, p. 3–22, 10–13 octobre 1993.
- [11] D. SCAPIN, « Situation et perspectives en ergonomie du logiciel », in : *L'Ergonomie dans la conception des projets informatiques*, J.-C. Sperandio (éditeur), Octares, Toulouse, France, 1993, p. 7–68.
- [12] S. SEBILLOTTE, D. L. SCAPIN, « From users' task knowledge to high level interface specification », *International Journal of Human-Computer Interaction* 6, 1994, p. 1–15.
- [13] S. SEBILLOTTE, « Décrire des tâches selon les objectifs des opérateurs. De l'interview à la formalisation », *Le Travail Humain* 54, 1991, p. 193–223.

- [14] J.-C. SPERANDIO, « L'ergonomie cognitive », *Psychologie Française* 40, 1995, Numéro spécial.
- [15] J.-C. SPERANDIO, « Apports de l'ergonomie à la conception et aux choix des aides techniques pour personnes handicapées », *Performances Humaines et Techniques*, avril 1996, p. 39–43, Hors série : Situations de handicaps : Nouvelles approches ergonomiques.
- [16] J.-C. SPERANDIO, « L'apport de la psychologie du travail », in : *Traité d'ergonomie*, P. Cazamian et F. Hubault (éditeurs), Octares, Toulouse, France, 1996.
- [17] J.-C. SPERANDIO, *L'ergonomie face aux changements technologiques et organisationnels du travail humain*, Octares, Toulouse, France, 1996.

Thèses et habilitations à diriger des recherches

- [18] L. MÉDINI, *Accès à l'information orienté-utilisateur par recontextualisation et articulation du besoin d'information, Application à la maîtrise du risque de criticité*, thèse de doctorat, Université Paris Sud, centre d'Orsay, septembre 2001, Spécialité informatique.

Articles et chapitres de livre

- [19] M. BEAUDOUIN-LAFON, W.E. MACKAY, « Prototyping Tools and Techniques », in : *Handbook of Human-Computer Interaction*, A. Sears et J. Jacko (éditeurs), North-Holland, 2001.
- [20] N. CARBONELL, A. CAPOBIANCO, « Expert Online Help Strategies », *ERCIM News*, 46, Jul 2001, p. 48–49.
- [21] E. DJKSTRA-ERIKSON, W.E. MACKAY, J. ARNOWITZ, « Dialogue on Design of ACM/Interactions », p. 109–117.
- [22] D.L. SCAPIN, N. CARBONELL, « User-Centred Methods for New Application Domains, New Users, New Interaction Media », *ERCIM News*, 46, Jul 2001, p. 10.
- [23] D.L. SCAPIN, J.M.C. BASTIEN, « Analyse des tâches et aide ergonomique à la conception : l'approche MAD* », in : *Interaction homme-machine pour les SI. Tome 1 : Analyse et conception de l'IHM*, C. Kolski (éditeur), Hermès, Paris, France, 2001, p. 85–116.
- [24] J. M. C. BASTIEN, D. L. SCAPIN, « Evaluation des systèmes d'information et Critères Ergonomiques », in : *Interaction homme-machine pour les SI. Tome 2 : Environnements évolués et évaluation de l'IHM*, C. Kolski (éditeur), Hermès, Paris, France, 2001, p. 53–79.
- [25] L. MÉDINI, P. BIGEON, J.M. CHARLOT, M. CHAILLOT, O. FERRET, D. MALAVIEILLE, D. PENEL, D. L. SCAPIN, « Expression du besoin d'information et indexation conceptuelle », in : *Document Numérique, numéro spécial sur l'indexation, 4 no 1-2*, Hermès, Paris, France, 2001, p. 85–108.
- [26] L. MÉDINI, J.M. CHARLOT, M. CHAILLOT, « Designing an Electronic Knowledge Book : How Advanced Knowledge Management Methods Can Help Information Modeling », *Journal of the Society for Technical Communication* 48, Août 2001, p. 275–288.
- [27] R. TAILLEFER, D.L. SCAPIN, « Modeling Designer's Activities in the Garment Industry », *ERCIM News* 46, 2001.
- [28] W.E. MACKAY, G. POTHIER, « The A-Book : An augmented laboratory notebook for biologists », *ERCIM News* 46, 2001.

Communications à des congrès, colloques, etc.

- [29] M. BEAUDOUIN-LAFON, W.E. MACKAY, P. ANDERSEN, P. JANECEK, M. JENSEN, H.M. LASSEN, K. LUND, K. MORTENSEN, S. MUNCK, K. RAVN, A.V. RATZER, S. CHRISTIANSEN, K. JENSEN, « CPN/Tools : Revisiting the desktop metaphor with Post-WIMP interaction techniques. Demonstration », ACM/Adjunct Proceedings CHI2001, Seattle, WA, USA, April 3-5 2001.
- [30] M. BEAUDOUIN-LAFON, W.E. MACKAY, « Au-delà des menus : interaction bimanuelle et instrumentale dans une application d'édition de réseaux de Petri colorés. A la rencontre de l'interaction », in : *Journées ASTI*, 2001.
- [31] A. CAPOBIANCO, N. CARBONELL, « Contextual online help : elicitation of human experts' strategies », in : *HCI International 2001, New Orleans, USA, 2*, Lawrence Erlbaum Associates, p. 824–828, Mahwah (NJ), London, août 2001. Titre : Systems, Social and Internationalization Design Aspects of Human-Computer Interaction.
- [32] A. CAPOBIANCO, N. CARBONELL, « Online help : a potential contribution to universal design », in : *W14. Universal Design : Towards universal access in the Information Society. CHI'2001, Seattle, WA, USA*, C. Stephanidis, D. Akoumianakis, avril 2001.
- [33] N. CARBONELL, « Recommendations for the design of usable multimodal command languages », in : *HCI International 2001, New Orleans, USA, 3*, Lawrence Erlbaum Associates, p. 266–270, Mahwah (NJ), London, août 2001.
- [34] N. CARBONELL, « Towards the design of usable multimodal interaction languages », in : *Dagstuhl Seminar 'Coordination and fusion in multimodal interaction', Dagstuhl, Germany*, Harry Bunt, Mark Maybury, Wolfgang Wahlster, octobre 2001.
- [35] H. DAVID, J.M.C. BASTIEN, « Initial evaluation of a radically revised en-route air traffic control system », in : *Contemporary Ergonomics*, T. . Francis (éditeur), p. pp. 453–458, 2001.
- [36] H. DAVID, J.M.C. BASTIEN, « Radical revision of en-route air traffic control », in : *The Eleventh Biennial International Symposium on Aviation Psychology*, Columbus, OH, USA, March 5-8 2001.
- [37] C. FARENC, P. PALANQUE, J.M.C. BASTIEN, D.L. SCAPIN, « Towards a General Guidance and Support Tool for Usability Optimisation », in : *HCI International, New Orleans, USA*, 19 June August 5-10,2001.
- [38] W.E. MACKAY, W.E. SVENDSEN, B. HORN, « Who's in Control? Exploring human-agent interaction in the McPie Interactive Theater project », ACM/Adjunct Proceedings CHI2001, Seattle, WA, USA, April 3-5 2001.
- [39] W.E. MACKAY, « Does tutoring really have to be intelligent ? », ACM/Adjunct Proceedings CHI2001, Seattle, WA, USA, April 3-5 2001.

Rapports de recherche et publications internes

- [40] A. ALI-AMAR, « Le paramétrage de l'affichage des pages web : une solution pour les déficients visuels ? », *Mémoire de DEA*, CNAM, Paris, France, 2001, DEA d'Ergonomie.
- [41] C. BARNIER, J. ERNU, F. FERRONT, D. GARCIA, J.S. GRARE, A. ALI-AMAR, J.M.C. BASTIEN, G. UZAN, M. D. LUCA, « Tests du service Label Vue de Visual Friendly », *Rapport de contrat*, CNAM, Paris, France, 2001, non diffusable.
- [42] M. BEAUDOUIN-LAFON, A. DRUIN, A. HARVARD, S. LINDQUIST, W.E. MACKAY, C. PLAISANT, Y. SUNDBLAD, B. WESTERLUND, « Interliving Deliverable 1.1 : Cooperative Design with Families », *rapport de recherche*, KTH, Stockholm, Sweden, October 10 2001.

-
- [43] N. CARBONELL, « L'aide en ligne à l'utilisation de logiciels grand public », *Dossier technique*, Loria, Nancy, France, Janvier 2001, 01 Informatique.
 - [44] D.L. SCAPIN, « Les logiciels sous la loupe des ergonomes », *Inedit*, INRIA, juillet 2001, interview par F. Breton.
 - [45] N. GRONDIN, « La méthodologie des tests utilisateurs : vers une meilleure évaluation de l'utilisabilité », *Mémoire de DEA*, CNAM, Paris, France, 2001, DEA d'Ergonomie.
 - [46] S. KIEFFER, « Rôle de la parole dans les présentations graphiques et textuelles », *Mémoire de DEA*, U. Henri Poincaré, Nancy 1, juillet 2001, DEA d'Informatique.
 - [47] M. B. LAFON, B. BEDERSON, H. BROWN, W.E. MACKAY, C. PLAISANT, Y. SUNDBLAD, B. WESTERLUND, « Interliving Deliverable 1.2 : Technology Probes », *rapport de recherche*, KTH, Stockholm, Sweden, December 23 2001.
 - [48] C. STEPHANIDIS, N. CARBONELL, P.L. EMILIANI, « D1.15 Project Presentation (IS4ALL, IST Programme) », *Rapport de contrat*, march 2001.
 - [49] R. TAILLEFER, « Analyse du travail des concepteurs (stylistes-modélistes) dans les industries du textile », *Rapport de contrat comedia*, Inria, Rocquencourt, 2001.
 - [50] R. TAILLEFER, « Ergonomie de la conception graphique dans les industries du textile. Revue de littérature », *Rapport de contrat comedia*, Inria, Rocquencourt, 2001.