

THÈSE

présentée par

Daniel SALBER

pour obtenir le titre de DOCTEUR
de l'Université Joseph Fourier - Grenoble 1
(arrêtés ministériels du 5 juillet 1984 et du 30 mars 1992)
spécialité : INFORMATIQUE



De l'interaction homme-machine individuelle aux systèmes multi-utilisateurs

L'exemple de la communication homme-homme médiatisée



Date de soutenance : 8 septembre 1995

Composition du jury

Président : M. Jean CAELEN
Rapporteurs : M. Michel BEAUDOUIN-LAFON
Mme Marilyn MANTEI
Examineurs : M. Yves CHIARAMELLA
Mme Joëlle COUTAZ
M. Michel RIVEILL

THÈSE PRÉPARÉE
AU SEIN DU LABORATOIRE DE GÉNIE INFORMATIQUE - IMAG
A L'UNIVERSITÉ JOSEPH FOURIER - GRENOBLE 1

Plan de la thèse

Introduction7

Première Partie Les apports de sciences non-informatiques

Chapitre 115
Le cadre conceptuel :
Terminologie, Principes, Propriétés et Techniques
Chapitre 235
Apport des Sciences Sociales
Chapitre 363
Apport de la Psychologie Cognitive

Deuxième Partie L'articulation entre les sciences non-informatiques et la mise en œuvre : Propriétés et Évaluation

Chapitre 497
Propriétés
Chapitre 5123
Techniques d'Évaluation Ergonomique

Troisième Partie Mise en œuvre : science et technologie informatiques

Chapitre 6169
Modèles d'architecture
Chapitre 7201
CoPAC, notre modèle d'architecture pour
les systèmes multi-utilisateurs
Chapitre 8229
Outils pour la communication homme-homme
médiatisée
Conclusion243
Annexe A249
The System Modelling Glossary
Annexe B267
L'expérimentation "Garden Movie"
Références bibliographiques279
Table des figures293
Table des matières299

Remerciements

Un travail de recherche n'est jamais l'œuvre d'un seul individu. De nombreuses personnes m'ont permis de mener à bien le travail présenté ici et je tiens à les en remercier.

En premier lieu Joëlle Coutaz m'a accueilli dans son équipe et m'a accordé sa confiance malgré ma situation alors peu ordinaire. Elle m'a fait découvrir un domaine passionnant, m'a fait profiter de sa connaissance approfondie de sa discipline, m'a laissé une liberté exceptionnelle pour orienter et mener à bien mes travaux, et a régulièrement soutenu et encouragé mes efforts. Pour tout ceci allié à ses qualités humaines et scientifiques, je la remercie du fond du cœur. Je lui dois beaucoup.

Les membres du jury m'ont fait l'honneur de bien vouloir juger mon travail et l'ont apprécié. Je tiens à les remercier de leurs encouragements et en particulier les rapporteurs de cette thèse, Marilyn Mantei et Michel Beaudouin-Lafon.

Laurence Nigay a partagé son bureau avec moi ainsi que les moments heureux et difficiles de ces trois et quelque années de thèse. Malgré les hautes doses de Springsteen, qu'elle en soit remerciée. :-)

Je n'aurais peut-être jamais découvert que l'interface homme-machine est une discipline de recherche ni l'existence de l'équipe de Joëlle Coutaz sans Annie Chabert. Mille mercis à elle !

André Coulon m'a régulièrement confié des travaux qui m'ont permis de vivre pendant les premières années de ma thèse. Je le remercie aussi et surtout pour des discussions nombreuses et stimulantes et souhaite que nos aventures se poursuivent dans des conditions plus propices. A lui aussi, je dois beaucoup.

Philip Barnard et Jon May m'ont accueilli dans leur équipe à MRC-APU à Cambridge pour un trop court séjour pendant l'été 1993. Je les remercie de m'avoir permis de découvrir un nouvel environnement et une discipline, la psychologie cognitive, dans laquelle j'étais béotien. Je tiens aussi à remercier David, Sandra, Rob et bien d'autres ainsi que le "pub across the street" qui ont rendu ce séjour aussi agréable qu'instructif.

Le projet européen Amodeus a été une occasion unique de découvrir la diversité de la discipline de l'interface homme-machine. Je remercie ici tous les membres de ce projet pour des discussions fructueuses et des moments amicaux aux quatre coins de l'Europe. Ma gratitude va aussi aux membres du groupe de travail IFIP WG 2.7 qui m'ont invité à quelques-unes de leurs réunions. Je n'oublie pas non plus le climat intense et extrêmement enrichissant des quinze jours de l'Ecole d'Eté INRIA-CEA-EDF 1994 sur les interfaces homme-machines où j'étais assistant. Mes remerciements vont à ses participants et animateurs, tout particulièrement à Gérard Brisson et à Len Bass.

De nombreux étudiants ou membres de l'équipe ont contribué à la réalisation du projet Neimo qui n'aurait pu aboutir sans leur concours. Mes remerciements vont à Gilles, Eric, Sandrine, Nathalie, Rachid, Laurent, Marie-Laure, David, Stéphane, Jean-Pascal, une autre Nathalie, un autre Stéphane, encore un autre Stéphane, un autre Laurent, Martine, Bérangère, Bernie, et sans doute bien d'autres à venir...

Un chercheur n'est rien sans une équipe et je voudrais remercier tout particulièrement tous les membres de l'équipe interface homme-machine qui contribuent ou ont contribué à son atmosphère de confiance et à son dynamisme et sans qui je n'aurais sûrement pas eu autant de plaisir à travailler : François, Sébastien, Francis, Eric, Laurent, Sandrine (merci pour la photo !), Gilles, Arno et d'autres... Les membres d'autres équipes du laboratoire y contribuent parfois tout autant. Merci à eux et special thanks à Philippe "Crazy Gratteux" Mulhem !

Finalement, des remerciements tout particuliers vont à mes parents, ma famille et mes amis qui m'ont soutenu, encouragé ou supporté pendant ces années de thèse.

Introduction

It would appear that we have reached the limits of what it is possible to achieve with computer technology, although one should be careful with such statements, as they tend to sound pretty silly in 5 years.

John von Neumann (vers 1949)

Des interfaces homme-machine aux interfaces hommes-machines

La discipline de l'interaction homme-machine s'est attaquée à un défi formidable : harmoniser la technologie informatique aux nouveaux besoins humains, sociaux et économiques. Si l'on se penche sur ce qui sépare les êtres humains des machines informatiques, le fossé semble incommensurable. D'un côté l'homme, dont l'expérience du monde est analogique¹. De l'autre côté, l'ordinateur qui ne sait traiter que de l'information numérisée. D'un côté l'homme, qui, si l'on prend le parti de Descartes plutôt que de Spinoza, dispose de son libre-arbitre, de l'autre, l'ordinateur qui est, en général, fondamentalement déterministe. L'interaction homme-machine a à son actif plusieurs succès dans le rapprochement de ces deux mondes si opposés mais ses créations se sont penchées, pour l'essentiel, sur l'activité mono-utilisateur.

En vérité, l'activité humaine n'est qu'exceptionnellement le fait d'un être humain isolé. Comme Rousseau le constatait, l'homme est un animal social et son activité ne peut être considérée isolément. Parallèlement, la multiplication du nombre d'ordinateurs et la possibilité de les faire communiquer conduit à considérer l'outil informatique comme une multitude de machines plutôt qu'une machine prise isolément. Ces deux constatations ouvrent la voie à un nouveau champ d'investigation : l'interaction entre les hommes et les machines plutôt que la simple interaction homme-machine.

Ces deux aspects indissociables du domaine de recherche, l'humain et le technique, nous ont guidés dans le travail que nous présentons ici. D'un côté une technologie qui progresse de façon considérable, transformant progressivement l'ordinateur d'outil de calcul en un outil de communication, de l'autre des enjeux humains et de société qu'il est indispensable de considérer. Certains futurologues, tel Alvin Toffler, n'hésitent pas à parler de la "troisième vague" de la "révolution de l'information", faisant suite aux révolutions agricole et industrielle.

Depuis plusieurs mois, les signes avant-coureurs de la troisième vague annoncée par Toffler semblent se multiplier. Les technologies de l'information sont au centre d'enjeux sociaux, politiques et économiques. Le succès et la vulgarisation croissantes du réseau Internet, les débats sur les "autoroutes de l'information", le développement du "multimédia" en sont les manifestations les plus évidentes. Pour un nombre croissant

¹ Même si les physiciens comme Niels Bohr nous ont révélé la nature quantique de la matière, l'homme n'a pas la faculté de la percevoir.

d'utilisateurs, le concept World-Wide Web permet de toucher du clic de souris une préfiguration du "village planétaire" cher à McLuhan.

Mais au-delà de ce qui peut apparaître comme un simple phénomène de mode, il semble vain de vouloir prédire l'impact de ces nouveaux outils sur les individus et sur les sociétés dans lesquelles ils vivent. Comme pour toute avancée technologique majeure, nous manquons de références pour évaluer les conséquences. Louis Lumière, co-inventeur du cinéma, n'affirmait-il pas que "le cinématographe est une invention sans avenir" ? John von Neumann, dès 1949, nous mettait en garde contre toute velléité de prévision du futur dans le domaine informatique.

Face à ces incertitudes, l'objectif du travail présenté dans ce mémoire est double : *construire* en nous appuyant sur les travaux existants, et *modéliser* afin de guider et comprendre les évolutions futures de notre domaine. Pour construire, nous étudions comment mettre à profit les travaux et résultats issus de l'étude des systèmes mono-utilisateurs. Comment étendre l'acquis des interfaces homme-machine aux interfaces multi-utilisateurs ? Notre deuxième objectif, modéliser, répond à une exigence de rigueur scientifique. La modélisation, sous forme de classification ou d'espace problème par exemple, permet d'explorer systématiquement les composantes d'une question. Les systèmes multi-utilisateurs couvrent un domaine applicatif aux frontières mal cernées. Dans cet espace, nous avons retenu la communication homme-homme médiatisée qui permet à un ensemble d'individus de communiquer via un dispositif informatique.

Plan du mémoire

Ce mémoire reflète l'état de notre réflexion sur les systèmes multi-utilisateurs et la communication homme-homme médiatisée en particulier. Il comprend trois parties : la première est centrée sur l'apport des sciences sociales et humaines. La seconde étudie l'intégration de ces apports dans un processus de développement informatique. La troisième concerne la technologie informatique.

- Ces trois volets de notre réflexion sont introduits dans le chapitre 1 qui cerne le cadre terminologique et conceptuel de notre domaine d'étude. Nous y définissons les systèmes multi-utilisateurs et certaines de leurs qualités. Nous introduisons aussi une grille d'analyse à trois niveaux : principes, propriétés et techniques. Cette décomposition nous permet de mieux situer les apports des différentes disciplines que nous détaillons dans les chapitres suivants.

- Le chapitre 2 présente les apports des sciences sociales à l'étude de notre domaine. Nous évaluons l'intérêt de disciplines comme la sociologie et l'ethnographie. Nous nous penchons aussi sur les problèmes éthiques que peuvent soulever les nouvelles technologies de communication.
- Le chapitre 3 décrit les apports de la psychologie cognitive. Nous décrivons un modèle cognitif et montrons comment il peut aider à modéliser le comportement de l'utilisateur dans une situation de communication via des moyens technologiques avancés. Nous présentons ensuite l'expérimentation "Garden Movie" à laquelle nous avons participé.

La seconde partie du mémoire étudie l'articulation entre les sciences humaines et sociales présentées dans la première partie et les technologies informatiques discutées dans la troisième partie. L'évaluation est un outil privilégié pour lier ces deux points de vue.

- Le chapitre 4 présente le concept de propriétés. Les propriétés nous permettent de définir des caractéristiques objectives et vérifiables d'un système informatique interactif. Informées par les disciplines des sciences de l'homme présentées dans la première partie, les propriétés nous aident à faire le pont entre les requis humains et sociaux et les caractéristiques intrinsèques du système informatique.
- Le chapitre 5 explore les apports de l'évaluation ergonomique, en particulier pour la vérification des propriétés. Nous constatons l'insuffisance des outils ergonomiques classiques pour notre domaine d'étude. Nous y présentons aussi NEIMO, notre plate-forme d'observation du comportement des utilisateurs.

La troisième partie du mémoire se concentre sur les aspects techniques plus directement informatiques : nous y étudions les particularités de la conception et de la réalisation des systèmes multi-utilisateurs dans une perspective génie logiciel.

- Le chapitre 6 discute les modèles d'architecture logicielle. Nous y constatons les insuffisances des modèles actuels.
- Le chapitre 7 présente notre propre modèle d'architecture, CoPAC. Nous présentons aussi plusieurs exemples de mise en œuvre du modèle.
- Le chapitre 8 propose un cadre de réflexion pour les mécanismes de connexion pour la communication homme-homme médiatisée. Nous y présentons notre outil de transmission de médias continus, UserLink.

Chaque chapitre étudie un aspect significatif du domaine de l'interface homme-machine. La plupart des chapitres adopte une structure commune : notre point de départ est l'étude du domaine du point de vue des systèmes mono-utilisateurs. Nous évaluons et critiquons les acquis dans la perspective des systèmes multi-utilisateurs. Puis nous proposons notre contribution en étendant les concepts et techniques présentés aux systèmes multi-utilisateurs et à la communication homme-homme médiatisée en particulier.