

La plate-forme MultiCom : un laboratoire d'usage et d'utilisabilité

Jean Caelen

CLIPS-IMAG

BP53, Domaine universitaire
38041 Grenoble Cedex 9, France
Jean.Caelen@imag.fr
téléphone: (33) 04 76 51 46 27
télécopie : (33) 04 76 63 55 52

RESUME

Peu de laboratoires d'utilisabilité génériques existent actuellement en France. Cet article présente une plate-forme technologique pour la conception et l'évaluation des interfaces homme-machine. La plate-forme contient différentes ressources comme des bases de données et des logiciels spécialisés. La méthodologie est fondée sur une approche multidisciplinaire unifiant des méthodes en sociologie, ergonomie et de génie logiciel. Le processus de conception/validation s'appuie sur des données recueillies en situation de travail de sujets représentatifs. Les données capturées sont analysées en termes de facteurs sociologiques et ergonomiques pour produire un diagnostic et/ou une évaluation.

MOTS CLEFS : Plate-forme d'expérimentation, utilisabilité, Conception et évaluation.

INTRODUCTION

De la recherche au développement

Bernsen (1997) affirme que : "Il est un fait bien connu que la production d'un nouvel outil logiciel ou d'une nouvelle méthode en ingénierie du logiciel, est difficile et coûteuse en temps. Les difficultés proviennent non seulement de la conception initiale ou du développement d'une première maquette, mais aussi de l'évaluation qui doit être la plus précoce possible. Même si pour ces différentes étapes on a des résultats encourageants, il y a encore un grand pas à faire avant que l'outil prenne place sur étagère et puisse être utilisé en pratique. Une des principales raisons réside dans le problème de la *généralisation*. Un logiciel qui est utile seulement dans peu de systèmes ou dans un domaine très spécialisé ou dans des conditions spéciales, est de peu d'intérêt pour les développeurs et les utilisateurs. Pour atteindre et démontrer un niveau de généralité acceptable, le logiciel doit être développé et évalué de manière itérative sur plusieurs domaines d'application et dans des conditions expérimentales débordant le cadre strict de laboratoire. Atteindre une meilleure généralité nécessite donc d'avoir

accès à d'autres systèmes, corpus ou méthodes de développement. Un tel accès est notoirement difficile pour plusieurs raisons, incluant la confidentialité commerciale et la protection du savoir-faire. Une seconde raison pour laquelle le développement de méthodes et d'outils est difficile et lourd, est le problème de *l'objectivité*. Il ne suffit pas que telle méthode ou outil ait été testé dans différents cas d'utilisation, ou qu'il l'ait été dans différentes conditions. Il faut aussi démontrer que différents utilisateurs sont capables de le maîtriser et de le faire fonctionner avec de bonnes performances sensiblement égales pour tous."

Depuis plusieurs années le besoin de méthodes de conception et d'évaluation des interfaces (plus généralement des systèmes interactifs) se manifeste de plus en plus clairement et très explicitement chez de nombreux concepteurs en milieu industriel. Ce besoin est difficile à satisfaire car il nécessite la mise en place de compétences multidisciplinaires (praticiens, informaticiens, ergonomes, etc.).

Les équipes de recherche sont couramment sollicitées par l'industrie pour l'étude des besoins et l'évaluation de l'adaptation des interfaces aux utilisateurs, sans parler de la conception ou de la sous-traitance d'un logiciel, forme de collaboration contractuelle plus traditionnelle. De façon très intéressante l'expression de ce besoin intervient maintenant très tôt : naguère encore la demande d'évaluation était faite (si elle l'était) en fin de conception du produit ; l'ergonomie étant considérée, à tort, comme un ajout *a posteriori*. Il apparaît maintenant une demande, plus consistante, d'une intervention des équipes dès les premières spécifications puis tout au long de la conception d'un produit. Ainsi trouve-t-on maintenant un autre type d'intervention des équipes de recherche chez les industriels : les études de conception et les études d'usage.

Face à cette demande importante l'offre reste, en France, encore beaucoup trop faible. D'une part en personnel :

les industriels ont du mal à trouver des spécialistes expérimentés et doivent recruter des débutants. Ceux-ci sont alors mal encadrés. D'autre part et surtout, les équipes de spécialistes (chercheurs ou praticiens) sont dans l'ensemble insuffisamment outillées. Le cas général est que chacun se "débrouille" (plutôt bien d'ailleurs) mais avec les moyens du bord. On se fait des outils d'observation et de mesure *ad hoc* pour le problème du moment. Ou bien on se décide à investir dans tel outil plus sophistiqué (enregistreur de mouvements oculaires ou salle d'observation équipée, outil de capture des comportements à l'interface par exemple) mais en prenant un risque important de ne pas l'amortir.

De telles pratiques, éventuellement acceptables au niveau de la recherche ne peuvent être satisfaisantes pour du développement et des réalisations pratiques compétitives; les évaluations nécessaires en vue de commercialiser, à relativement court terme, un produit qui réussit auprès du public ou pour des usages professionnels, présentent d'autres exigences. Or face à ce besoin la France en général est mal armée. Il existe quelques moyens intéressants (par exemple au CCETT) mais trop partiels et dispersés, et en tous cas non utilisables par la concurrence.

Il serait plus utile, productif et économique de créer une plate-forme commune à (ou à disposition de) plusieurs grands organismes ; elle fournirait ses services à tout industriel intéressé. Des équipes de recherche pourraient en être clientes également. Avec cette définition, cette plate-forme ne peut être un laboratoire de recherche : ce doit être *un centre de services*. Elle doit être équipé de l'ensemble des salles d'observations, instruments de mesure, moyens de traitement de données, actuellement opérationnels et disponibles sur le marché et nécessaires aux objectifs. Elle doit comprendre une équipe de spécialistes praticiens chargée de la mise en œuvre du dispositif et de sa maintenance.

Les nécessités pour la recherche

Evidemment, une telle plate-forme aurait un énorme retour sur la recherche en lui fournissant des "bons problèmes". En effet, les problèmes nés des relations entre les trois entités, l'utilisateur (ou ensemble d'utilisateurs), le système et leur environnement commun sont des problèmes qui sont au cœur de la CHM (Communication Homme Machine). Ces problèmes doivent être correctement posés pour alimenter la recherche, c'est-à-dire pris dans des milieux réels.

Les retours attendus de cette plate-forme expérimentale sont de deux ordres :

- fournir des situations prises dans de réels contextes de travail ou d'utilisation, en dehors desquelles il serait vain de concevoir des systèmes utilisables,

- collaborer sur des secteurs de développement à forte valeur technologique ajoutée sur lesquels les industriels ont une progression rapide. La recherche ne peut en effet survivre sur ces créneaux et y être utile, qu'en traitant des problèmes de fond (et non en faisant des développements de type démonstratif seulement).

En outre, les pré-requis maintenant imposés dans les programmes européens en matière de présence d'usagers parmi les partenaires est un révélateur de cette tendance. Ainsi nombre de consortiums doivent maintenant être composés d'industriels, de chercheurs et d'utilisateurs des produits sortant du programme. Un centre où les activités de ces trois types de partenaires peuvent converger, est donc une nécessité.

LE CHAMP D'APPLICATION DE MULTICOM

MultiCom est une plate-forme d'expérimentation et d'évaluation pour répondre aux besoins décrits ci-dessus. Son champ d'application touche à toutes les étapes du cycle de conception de systèmes en intégrant des approches de sociologie de l'usage et de l'ergonomie de manière précoce (voir démarche méthodologique). Cela consiste à intervenir sur les points suivants :

- Observer et diagnostiquer les usages,
- Définir les besoins, le cahier des charges pour un système interactif à concevoir,
- Ecrire des scénarios d'utilisation,
- Expérimenter ces scénarios sur des situations simulées ou réelles,
- Valider le cahier des charges et spécifier le système,
- Réaliser le système interactif,
- Evaluer son utilisabilité.

Les domaines d'applications sont :

- Rédaction Assistée par Ordinateur,
- Traduction Assistée par Ordinateur,
- Outils de Traitement Automatique des Langues Naturelles,
- Interfaces graphiques et multimodales,
- Dialogue homme-machine,
- Commande vocale et multimodale,
- Recherche d'informations multimédia,
- Collecticiels, synergiciels (groupware, mediaspace),
- Création multimédia (musique et graphique),
- Conception de systèmes hypermédias,
- Enseignement et formation assistées,
- Multilinguisation des logiciels.

PRESENTATION DE LA PLATE-FORME

La plate-forme d'expérimentation est constituée :

- d'un laboratoire d'observation de comportements humains, constitué de plusieurs ordinateurs multimédia inter-connectés, servis par des « magiciens » (méthode simulée) ou par des observateurs (méthode directe). Ce laboratoire permet de faire des mesures objectives : mesures sensorielles, temps de réponse, relevé de l'activité, mesure des erreurs et des demandes d'aide, organisation des connaissances de l'utilisateur, etc.,
- d'un laboratoire numérique d'utilisabilité qui permet d'analyser les données recueillies après une phase d'annotation, de mise en forme et d'organisation des traces. Ces données analysées conduisent à des modèles de tâche ou d'activité et des modèles de l'utilisateur,
- de moyens nomades d'enregistrement audio-vidéo,
- d'outils d'analyse (gestion d'arborescences, statistiques, etc.) et de simulation.

Environnement matériel

Le laboratoire d'observation est équipé d'ordinateurs (Unix et Windows) supportant l'application elle-même et de systèmes d'observation audio-vidéo numériques interconnectés. Certaines fonctions peuvent être simulées par des « magiciens » qui sont délocalisés. La mise en situation de l'utilisation se fait autour de scénarios bien contrôlés dans lesquels on attribue des rôles aux utilisateurs. Le laboratoire est distribué sur un réseau informatique à haut débit (ATM).

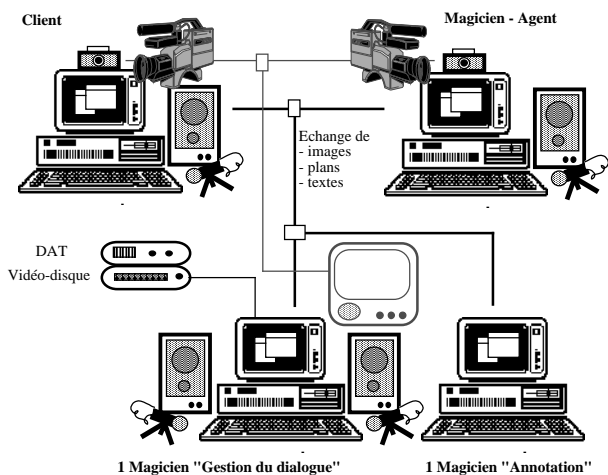


Figure. 1 : Exemple de configuration matérielle pour observer le dialogue entre deux utilisateurs. La situation est celle d'un agent et d'un client négociant des renseignements touristiques dans des langues différentes.

Exemple de scénario

Le scénario décrit sommairement ci-après, se situe dans le domaine de la traduction automatique de la parole. Il s'agit de réaliser une machine de traduction simultanée pour assister la conversation entre deux individus ne parlant pas la même langue. Ce projet se situe dans le programme international C-STAR initialisé par les japonais en 1989 et devant s'achever en 1999. Pour

l'étude du dialogue de négociation entre deux personnes nous avons réalisé l'expérience suivante : l'utilisateur est un « client » qui recherche des renseignements touristiques en vue d'organiser un voyage dans une ville. Il s'adresse à une agence de voyages au moyen d'un terminal qui possède une caméra vidéo et des entrées-sorties audio. L'agent dialogue avec le client en utilisant les nouvelles technologies de communication d'Internet.

Le scénario pour le client consiste à :

- négocier une chambre d'hôtel,
- définir un emploi du temps,
- connaître les activités et les horaires de spectacles,
- s'informer sur les localisations, trajets et points de repères en ville.

Le rôle du magicien « gestion du dialogue » (M1) est d'assurer le respect des règles de dialogue. Par exemple, il prend le contrôle de la situation chaque fois que la requête du client est trop ambiguë ou trop longue ou mal formulée, etc. Il dialogue alors par le biais de messages pré-enregistrés ou de synthèse de la parole pour réparer ou recentrer le dialogue. En régime normal il laisse le contrôle à l'agent qui remplit sa tâche ordinaire de renseignement.

Le rôle du magicien « annotation » (M2) est d'observer le comportement du client, de l'agent et du magicien M1 et d'annoter les particularités ou anomalies

Les intervenants (client, agent et magiciens) sont dans trois salles séparées. Les magiciens peuvent être assistés d'un observateur (pour décider d'enregistrer les séquences vidéo par exemple, annoter certains passages du dialogue, etc.).

L'enregistrement des séquences audio-vidéo est conservé sur cassette vidéo. L'ensemble des données recueillies via le réseau est gravé sur CD-ROM (ou vidéo-disque). Cela constitue la base d'information pour l'interprétation ultérieure dont on pourra tirer :

- une représentation de l'activité langagière,
- une représentation des stratégies de dialogue,
- des données de nature linguistique,
- les fonctionnalités du système de traduction à concevoir,
- les conditions d'utilisation, notamment pour la reconnaissance et la synthèse de la parole,
- etc.

Modularité et réutilisabilité du laboratoire

Le laboratoire d'observation des comportements humains est réutilisable dans d'autres situations de travail avec ou sans magicien, avec ou sans annotateur et avec un nombre quelconque de sujets travaillant ensemble ou

non. Il est possible de reconfigurer le système et les logiciels pour chaque nouvelle application.

DEMARCHE METHODOLOGIQUE

La démarche méthodologique de MultiCom s'appuie sur l'expérimentation en situation de travail qui consiste à mettre en situation (réelle ou simulée), un ou des utilisateurs devant un système interactif, à les observer, à capturer des données comportementales et à les analyser. Le résultat des analyses permet ensuite de tirer des enseignements pour la conception, des éléments pour le diagnostic et des mesures pour l'évaluation des systèmes aux niveaux :

- de l'usage (valeur et signification d'usage),
- de l'utilisabilité (qualité ergonomique),
- de la faisabilité technologique (matérielle et logicielle).

MultiCom pratique plusieurs méthodes :

- la méthode prédictive qui opère à partir de théories cognitives et sociales et tient compte de la faisabilité technologique, pour concevoir le cahier des charges et les spécifications du système,
- la méthode simulée (maquette virtuelle, technique d'observation en « magicien d'Oz », etc.) qui permet d'affiner les fonctionnalités et la conception de la maquette pendant le cycle de réalisation,
- la méthode directe d'observation sur la maquette, qui permet sa validation et son évaluation.
- la méthode indirecte comme le « reverse engineering » qui permet de vérifier que le système répond bien au cahier des charges et aux spécifications.

LE CYCLE DE CONCEPTION

La démarche méthodologique de MultiCom s'appuie sur le cycle de conception de systèmes ou de produits avec le parti pris d'intégrer les études d'usage et d'ergonomie de manière précoce dans la conception afin de réduire les coûts et le temps de conception tout en garantissant une qualité maximum.

Le cycle de conception est généralement le suivant :

- Observer les usages des systèmes existants en vue d'un diagnostic d'usage,
- Définir le cahier des charges CC(0) pour le nouveau produit ou système interactif,
- Ecrire et expérimenter les scénarios d'utilisation de ce nouveau système sur des situations simulées et des utilisateurs/sujets,
- Affiner le cahier des charges CC(1) et spécifier le système,
- Réaliser une maquette M(1),
- Mettre la maquette en test (réel ou simulé),

- Evaluer la signification d'usage et l'utilisabilité de cette maquette,
- Corriger et modifier les spécifications,
- Développer le système à l'aide d'une nouvelle maquette M(i),
- Revenir à l'étape F tant que c'est nécessaire,
- Evaluer le système final,
- Réaliser un prototype ou une première série,
- Le mettre sur le marché,
- Former si besoin les utilisateurs ou les installateurs,
- Analyser les retours du marché.

On suppose que ce cycle débute sur une idée de système ou de produit (venant du service marketing de l'entreprise ou du bureau d'étude). Cette idée est généralement relativement précise mais ne tient pas encore compte des contraintes d'usage ou des implications technologiques. Il y a donc lieu d'enrichir cette idée de manière à la rendre plus concrète et d'en mesurer la faisabilité avant de réaliser la première maquette. Les étapes A, B, C, constituent à cet effet un cycle préparatoire, à l'issue duquel on peut savoir s'il est possible de poursuivre l'idée. Ensuite il s'agit de la conception proprement dite, de D à J, qui progresse généralement par essai/erreur. K est une étape d'évaluation importante car elle conditionne la mise sur le marché qui interviendra, si tout se passe bien, à la fin du cycle (schématisé sur la fig. 2).

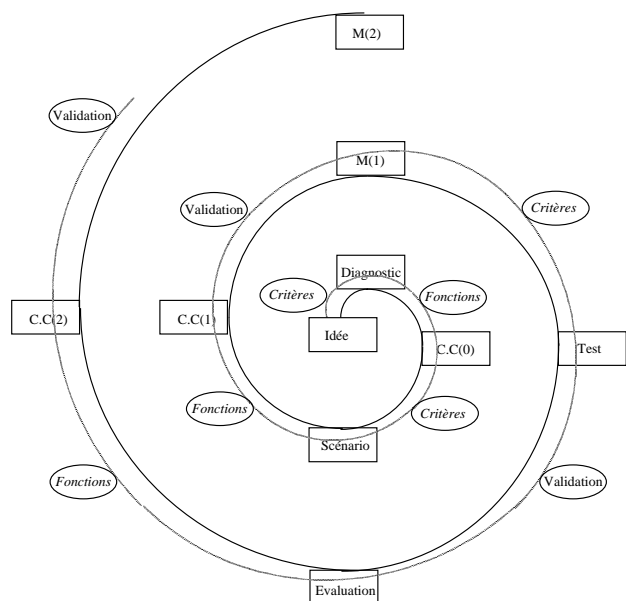


Figure 2 : Le cycle de conception est appuyé sur l'accompagnement à chaque étape, par des procédures de prédiction (qui produisent des *fonctions*), de validation ou d'évaluation ergonomiques et sociologiques (qui produisent des *critères*). Cet accompagnement est figuré par une deuxième spirale en pointillés sur la figure.

La démarche méthodologique consiste à accompagner l'ensemble du cycle par des procédures d'objectivation, c'est-à-dire selon les étapes, par des procédures de

prédiction (qui produisent des *fonctions*), de validation ou d'évaluation ergonomiques et sociologiques (qui produisent des *critères*). Ces procédures fournissent également des critères à évaluer ou des fonctions à valider ainsi que les méthodes de validation ou d'évaluation associées.

Le cycle part de "l'idée" qu'il s'agit en premier lieu de diagnostiquer vis-à-vis du contexte (valeur d'usage, signification d'usage, pratique et activité, moyens technologiques, etc.). Puis une fois le champ d'usage établi et l'utilité reconnue, des fonctions sont proposées et réunies dans un cahier des charges initial CC(0) (analyse fonctionnelle). Celui-ci doit être rédigé sur des documents "validables" (c'est-à-dire en utilisant des langages de description formels ou quasi-formels) et doit permettre de dégager des scénarios expérimentaux. Ces scénarios mis en œuvre avec des sujets permettent d'évaluer le réalisme de ce cahier des charges, puis après rectification on aboutit au premier cahier des charges CC(1) véritablement concret conduisant aux spécifications externes de la maquette M(1).

Une première réalisation de la maquette (ou une simulation si le coût de réalisation est trop important) est alors faite pendant qu'un test est élaboré et optimisé pour l'évaluer (le scénario de test est lui-même validé pour s'assurer qu'il aura la capacité à bien traduire les conditions d'utilisation du futur produit). Cela conduit à une évaluation (sur les critères définis à l'avance) dont l'analyse des résultats permet de diagnostiquer les fonctionnalités de la maquette, son usage et son utilisabilité. Le cahier des charges est alors revu. On aboutit au cahier des charges CC(2). Une deuxième maquette M(2) est réalisée (ou la précédente est seulement modifiée si c'est possible) et ainsi de suite. L'ensemble du processus est réitéré jusqu'à ce que la maquette donne satisfaction c'est-à-dire jusqu'à ce que tous les critères soient vérifiés.

La spécificité de cette démarche réside dans le fait que tous les critères (a) d'usage, (b) d'utilisabilité, (c) économique, (d) et technologique sont non seulement pris en compte dans le cycle de conception et de développement, mais qu'ils sont pris en compte au plus tôt, c'est-à-dire dès le cycle d'enrichissement de l'idée.

Cette démarche, extrêmement rigoureuse, peut paraître un peu lourde : il est évident qu'elle doit être allégée chaque fois par exemple que le marché ciblé est plus réduit ou que la sécurité du produit n'est pas déterminante. Il existe alors des raccourcis dans la méthodologie selon les cas.

LA METHODE D'ACCOMPAGNEMENT

Sur le cycle de conception, MultiCom propose donc de greffer un deuxième cycle (en pointillé sur la fig. 1) pour

accompagner la conception au moyen de procédures (a) d'anticipation ou (b) de prédiction ou (c) de validation ou (d) d'évaluation. Ces procédures permettent de quantifier les avancées d'une étape à la suivante. On rationalise ainsi la conception de manière à (a) contrôler le cycle de conception et (b) à l'optimiser.

Les moyens d'accompagnement sont fondés sur des méthodes de simulation, de mesure et d'analyse.

- La simulation consiste à :
 - simuler un produit ou un système (technique de prototypage rapide),
 - ou simuler un usage (technique dite de Magicien d'Oz),
 - ou simuler virtuellement le produit et son usage.
- La mesure consiste à :
 - définir des critères pertinents,
 - écrire des scénarios de mise en test,
 - capturer des comportements d'usage en situation,
 - les mesurer à l'aide des critères.
- L'analyse consiste à :
 - appliquer des méthodes de validation formelle (pour le cahier des charges),
 - appliquer des méthodes de « reverse engineering » à certaines étapes de la conception pour s'assurer que la maquette respecte le cahier des charges,
 - faire des analyses fonctionnelles ou des analyses de tâche,
 - ou analyser les mesures comportementales par des outils statistiques,
 - ou analyser des protocoles de verbalisation ou de dialogue.

A la sortie de ce cycle, lorsque le système/produit entre en exploitation, MultiCom propose des sessions de sensibilisation ou de formation aux systèmes interactifs ainsi développés (ou concurrents du marché), aux problèmes scientifiques liés au domaine des TIC et aux méthodes de conception et d'évaluation.

CONCLUSION

La plate-forme est opérationnelle à l'heure actuelle. Elle a permis d'évaluer un certain nombre de produits comme : un logiciel multiservice de France Télécom, un CD-ROM et un logiciel de conception de tableaux (appelé ZZ ci-après pour des raisons de confidentialité) pour installateurs électriques de Schneider S.A. La présence des 3 composantes scientifiques que sont la sociologie des usages et des techniques, l'ergonomie et l'ingénierie des systèmes informatiques et des interfaces, a montré tout l'intérêt de la finesse et de la précision du diagnostic aux étapes cruciales du démarrage de la conception du produit. Cela a permis de mieux articuler la conception, d'éviter des impasses et, globalement,

d'accélérer le développement du système. En particulier pour le logiciel ZZ cela a permis d'éviter une erreur de choix de métaphore dès la spécification du système : en effet l'usage d'un logiciel antérieur laissait penser aux ingénieurs que les utilisateurs (installateurs de tableaux électriques) préféreraient un logiciel leur fournissant moins de contraintes dans l'agencement de leurs tableaux électriques. Or, une fois que l'étude d'usage a été faite et qu'une pré-maquette a été développée les résultats ont montré le contraire, à savoir que trop de liberté dans la conception des tableaux faisaient perdre trop de temps aux installateurs et augmentaient leur charge de travail, leur temps de recherche des éléments électriques adéquats et les vérifications de montage électrique que le logiciel ne pouvait plus faire. Ainsi les tâches routinières que prenait en charge le logiciel précédant ne l'étaient plus maintenant : c'était le prix à payer pour une plus grande liberté de conception des tableaux. L'étude a ainsi permis de trouver le bon compromis entre liberté de conception et aide en cours de tâche en évitant de développer et de diffuser largement un produit qui n'aurait pas bien convenu.

BIBLIOGRAPHIE

1. L. Bass & J. Coutaz (1991), *Developing Software for the User Interface*, Addison-Wesley.
- A. Bisseret (1995), Représentations et décisions expertes, psychologie cognitive de la décision chez les aiguilleurs du ciel, Octares Editions.
2. J. Caelen (1996). Nouvelles interfaces homme-machine, OFTA série ARAGO n°18, Lavoisier éd., Paris, (coordinateur de l'ouvrage et rédaction de 2 chapitres « recommandations », « reconnaissance de la parole »).
3. J. Caelen, J. Zeiliger, M. Bessac, J. Siroux, G. Perennou (1997) Les corpus pour l'évaluation du dialogue homme-machine, Actes des JST'97, Avignon, AUPELF-UREF éditions.
4. R.G. Bias. and D.J. Mayhew (Eds.) 1994, *Cost-Justifying Usability* (Academic Press, Boston, MA).
5. D. Browne (1994), *STUDIO Structured User-Interface Design for Interaction Optimisation*, Prentice Hall.
- B. Catterall (1991). *Three approaches to the input of human factors in IT systems design: DIADEM, The HUFIT Toolset and the MOD/DTI Human Factors Guidelines*, Behaviour & Information Technology, 10(5):359-371.
- C. Curtis and B. Hefley (1994). *A WIMP No More - The Maturing of User Interface Engineering*, ACM Interactions, Jan. 1994, pp.22-34.
6. P. Dard, C. Laumonier, Y. Toussaint, P. Mallein (1996), *Télesurveillance et gestion de l'habitat public*, synthèse in Cahiers du CSTB, n°2924, livraison 375, 75 p.
7. P. Dard, C. Laumonier, Y. Toussaint, P. Mallein (1996), *Réseaux de communication et services résidentiels*, synthèse in Cahiers du CSTB, n°2869, livraison 367, 111 p.
8. K. Ehrlich and J. Rohn. (1994), Cost-justification of usability engineering: A vendor's perspective, in Bias, R.G., and Mayhew, D.J. (Eds.), *Cost-Justifying Usability* (Academic Press, Boston, MA).
9. J. Froger., P. Mallein (1995), *Concevoir et diffuser une nouvelle technologie d'information*, cahiers du CSTB n°2779, livraison 356, 17 p.
- D. Hix and H. R. Hartson (1993). *Developing User Interfaces: Ensuring Usability Through Product and Process*, Wiley, New York.
10. ISO 9241, *Ergonomic Requirements for office work with Visual Display Terminals*. ISO.
11. K. Y. Lim and J. Long (1994). *The MUSE Method for Usability Engineering*, Cambridge University Press.
12. M. Jackson (1983). *Systems Development*, Prentice Hall.
13. L. Macaulay, C. Fowler, M. Kirby and A. Hutt (1990). *USTM: A New Approach to Requirements Specification*, *Interacting with Computers*, (2)1:92-118.
14. M.J. Muller, D.M. Wildman and E.A. White (1993), "Equal opportunity" PD using PICTIVE. *Communications of the ACM* **36**, 4, 64-66.
15. J. Nielsen (1993), *Usability Engineering* (Academic Press, Boston, MA).
16. J. Nielsen (1994), Heuristic evaluation, in Nielsen, J., and Mack, R. L. (Eds.), *Usability Inspection Methods* (John Wiley & Sons, New York, NY), 25-64.
17. J. Nielsen and T.K. Landauer (1993), A mathematical model of the finding of usability problems, *Proceedings of the ACM INTERCHI'93 Conference* (Amsterdam, the Netherlands, April 24-29), 206-213.
18. B. Senach (1990), *Evaluation ergonomique des interfaces homme-machine*, in Revue de la littérature, rapport de recherche INRIA n°1180.
19. B. Shackel (1971), Human factors in the P.L.A. meat handling automation scheme. A case study and some conclusions. *International Journal of Production Research* **9**, 1, 95-121.

- A. G. Sutcliffe and M. McDermott (1991). *Integrating methods of human-computer interface design with structured systems development*, Int. J. of Man-Machine Studies, (34):631-655.
20. A.S. Wasserman, P. Pircher, D. Shewmake and M. Kersten (1986). *Developing Interactive Information Systems with the User Software Engineering Methodology*, in Readings in HCI, Baecker & Buxton [eds], pp.508-527, Morgan Kaufman.
21. A.S. Wasserman (1989), Redesigning Xerox: A design strategy based on operability. In Klemmer, E. T. (Ed.), *Ergonomics : Harness the Power of Human Factors in Your Business*, Ablex, Norwood, NJ. 7-44.
22. J. Zeiliger, J. Caelen, J.Y. Antoine (1997), Vers une méthodologie d'évaluation quantitative des systèmes de compréhension et de dialogue oral homme-machine, Actes des JST'97, Avignon, AUPELF-UREF éditions