



Jean Caelen (dir.)

Le consommateur au cœur de l'innovation

CNRS Éditions

Chapitre 6. Enjeux, rôles et limites d'une approche ergonomique de la conception de produits

Laurent Karsenty

Éditeur : CNRS Éditions
Année d'édition : 2004
Date de mise en ligne : 17 juin 2013
Collection : Sociologie



<http://books.openedition.org>

Référence électronique

KARSENTY, Laurent. *Chapitre 6. Enjeux, rôles et limites d'une approche ergonomique de la conception de produits* In : *Le consommateur au cœur de l'innovation* [en ligne]. Paris : CNRS Éditions, 2004 (généré le 07 juin 2016). Disponible sur Internet : <<http://books.openedition.org/editionscnrs/1559>>. ISBN : 9782271077967.

Ce document est un fac-similé de l'édition imprimée.

Chapitre 6

Enjeux, rôles et limites d'une approche ergonomique de la conception de produits

ENJEUX D'UNE APPROCHE ERGONOMIQUE DE LA CONCEPTION

Une approche ergonomique de la conception place l'utilisateur au cœur du processus et vise à assurer non seulement l'utilité du produit/service, mais aussi son utilisabilité, c'est-à-dire sa facilité d'apprentissage et d'utilisation. Cette approche *centrée utilisateur* (Norman et Draper, 1986) est fondamentalement participative, prenant en compte l'impossibilité des concepteurs de se mettre à la place des utilisateurs réels. Elle pousse en outre à une contextualisation de la conception (Beyer et Holtzblatt, 1997), c'est-à-dire à une réflexion s'inscrivant au plus près de la situation écologique visée et exigeant parfois une analyse fine des activités des utilisateurs (Spérandio, 1993 ; Guérin *et al.*, 1997), avec le souci d'identifier des besoins et des contraintes souvent difficiles à expliciter hors contexte. L'enjeu primordial de cette approche est la *satisfaction des utilisateurs*, qui conditionnera l'adoption du produit ou du service (pour simplifier, on ne parlera que de la conception de produits dans la suite, sachant que l'exposé s'applique aussi à des services).

Toutefois, il faut reconnaître que certains produits de la vie quotidienne sont très satisfaisants sans avoir été élaborés en suivant la démarche esquissée ici. En revanche, ils ont généralement une histoire qui rend compte de la satisfaction observée dans le présent. Autrement dit, l'accumulation de retours d'expérience avec les précédentes versions d'un produit peut aussi mener au produit le plus satisfaisant. Il faut ainsi comprendre qu'un autre enjeu de l'approche ergonomique de la conception est d'obtenir la satisfaction des utilisateurs *le plus vite possible*. Cet

enjeu trouve bien évidemment une résonance particulière dans le contexte actuel de compétition économique accrue.

La réflexion exposée dans ce chapitre concerne la conception de produits informatisés et, plus spécifiquement, de produits porteurs d'une innovation. Dans le contexte des produits informatiques, l'approche ergonomique, cherchant à adopter le point de vue de l'utilisateur, va généralement appréhender le produit sous l'angle de l'interface homme-machine (IHM). Elle va alors chercher à obtenir la meilleure qualité possible de l'IHM.

Pour cela, plusieurs démarches ont été envisagées. Certaines tendent à mettre l'accent sur une *approche empirique* de la conception d'IHM, insistant sur l'implication nécessaire des utilisateurs à toutes les phases de l'élaboration du produit et, plus particulièrement, au cours des phases de test. D'autres accentuent le rôle d'une *approche fondée sur des connaissances ergonomiques*, qu'elle soit fondée sur une expertise humaine, des guides ou critères de conception ou des modèles de l'utilisateur. D'autres encore cherchent à articuler ces deux démarches. Peu de travaux, par contre, ont cherché à dégager les limites de ces démarches dans la conception de produits innovants réalisée en milieu industriel. Ce chapitre propose une réflexion allant dans ce sens, avec l'objectif de proposer des perspectives qui favorisent l'articulation entre une approche empirique et une approche fondée sur des connaissances ergonomiques et respectant les contraintes généralement rencontrées dans le monde industriel.

LA DÉMARCHE EMPIRIQUE DANS UN CYCLE DE CONCEPTION ITÉRATIVE

Pourquoi une démarche empirique est-elle nécessairement itérative ?

La démarche empirique a pour principale vertu de fonder les choix de conception sur une certaine réalité vécue et/ou exprimée par des utilisateurs, réduisant d'autant la part de subjectivité des concepteurs dans les décisions de conception. Pour certains, l'empirisme en conception de produits informatiques et d'IHM en particulier est incontournable. On peut, par exemple, citer Gould et Lewis (1985) : « La seule approche de conception envisageable actuellement est une approche empirique. Cette approche utilise une méthode d'observation du comportement des utilisateurs, une analyse soigneuse des résultats, puis l'examen systématique de toutes les solutions possibles et enfin une bonne argumentation pour imposer les choix de conception. »

L'adoption d'une démarche empirique à elle seule ne suffit toutefois pas ; il faut l'exploiter dans le cadre d'un cycle de *conception itérative* dans lequel les observations recueillies auprès d'utilisateurs constituent l'un des principaux

moteurs du développement (par exemple, Hix et Hartson, 1993). Un tel cycle s'oppose à un cycle linéaire dans lequel une phase doit être finalisée avant que la suivante ne démarre. Le mode de conception linéaire pose un problème majeur dans le domaine des projets informatiques : il suppose que l'ensemble des besoins soit identifiable et correctement compris dès la première phase d'un projet. Un tel présupposé contredit la réalité des projets réels, dans lesquels on constate non seulement une *difficulté d'explicitation et/ou d'identification des besoins des utilisateurs* en phase amont, mais aussi des *incompréhensions* des besoins des utilisateurs qui peuvent rester indétectées jusqu'à des phases très avancées du projet, voire jusqu'à la recette du produit. Ces difficultés sont accrues dès lors que le produit est destiné à une population variée, en particulier le grand public, car les besoins sont non seulement beaucoup plus disparates mais aussi assez fréquemment contradictoires. Dans les étapes amont d'un projet grand public, il s'avère dès lors difficile de statuer sur les besoins à retenir sans prendre des risques importants sur le succès final, compte tenu du fait que l'analyse des besoins ne porte généralement que sur un échantillon restreint de futurs utilisateurs.

Ces difficultés sont aussi accrues lorsque le projet vise à concevoir et à développer un produit *innovant*. Il est en effet difficile pour des utilisateurs d'exprimer des besoins au sujet d'un outil et de situations d'usage qu'il n'arrive que partiellement à imaginer. Cela est encore plus vrai quand le projet est motivé par l'arrivée d'une nouvelle technologie pour laquelle il faut trouver des applications. Dans ce cas, des phases dites de créativité – fondées notamment sur des techniques de *brainstorming* exploitant l'association d'idées ou de *focus group* fondées sur des illustrations du produit – se substituent aux phases d'analyse des besoins puisque, très souvent, les besoins explicites n'existent pas : il faut alors commencer par identifier des *scénarios* d'usage dans lesquels la nouvelle technologie trouverait une certaine utilité (Carroll, 1995). Quoi qu'il en soit, le constat que fait tout concepteur dans ce type de projet caractérisé par une forte nouveauté est que de nombreux besoins naissent ou se précisent avec l'outil et en situation. La démarche linéaire de conception n'offre pas cette possibilité puisque tous les besoins doivent être cernés avant que l'outil ait été conçu et développé.

Une démarche itérative le permet, mais il faut souligner que le simple fait de s'engager à itérer un certain nombre fois ne suffit pas toujours à atteindre le produit le plus satisfaisant, en particulier si le projet se lance trop rapidement dans un développement lourd. En fait, plus les développements sont avancés, plus un certain nombre de choix sont difficiles à remettre en cause étant donné le coût que cela engendrerait (c'est le cas, par exemple, des choix d'architecture logicielle). Le développement induit une inertie dans un projet industriel, quelles que soient les motivations d'origine des concepteurs pour prendre en compte les remarques des utilisateurs, car les ressources sont toujours limitées. Une démarche itérative de conception a plus de chance d'aboutir au produit le plus satisfaisant si elle évite un développement précoce tout en permettant aux utilisateurs finaux d'entrevoir le plus concrètement possible le produit final. Pour cela, la démarche itérative doit prendre la forme d'une *spirale*, au cours de laquelle des maquettes dites « basse

fidélité » sont proposées en premier lieu (maquette papier-crayon, illustration sous forme de bande dessinée, diaporama) ; des maquettes de plus en plus élaborées ou « haute fidélité » sont ensuite progressivement développées – par exemple, avec certaines fonctions manquantes ou simulées au début, puis de plus en plus de fonctions opérationnelles – et utilisées au cours de tests utilisateurs.

Les *tests utilisateurs* ont une importance cruciale dans ce type de démarche : ils constituent l'une des principales sources d'apprentissage pour les concepteurs leur permettant d'enrichir et d'adapter leur conception initiale. Toutefois, il existe de nombreuses procédures pour conduire ces tests et toutes n'ont pas le même impact sur la conception. En particulier, il faut distinguer les procédures applicables au cours des toutes premières itérations, qui s'appuient généralement sur des maquettes basse fidélité, et les autres procédures. Les premières permettent d'évaluer la compréhensibilité des IHM proposées et d'élargir l'utilité *potentielle* du produit en favorisant l'explicitation de nouvelles fonctions. Par contre, elles ne permettent pas d'estimer sérieusement la facilité d'apprentissage d'un système qui repose aussi sur des comportements exploratoires et s'apprécie au cours d'une certaine période d'utilisation. Elles ne permettent pas non plus d'évaluer la cohérence des IHM, puisque le produit n'est maqueté qu'en partie dans le meilleur des cas, ni l'acceptabilité générale du produit qui dépendra, entre autres, de la performance ressentie par les utilisateurs ainsi que de son utilité *réelle*. Seuls des tests d'utilisabilité avec des maquettes relativement fidèles par rapport au produit final vont permettre d'étudier ces points, et plus spécifiquement l'apprentissage, la cohérence et l'acceptabilité. Mais un produit acceptable n'est pas forcément un produit promis au succès : il reste encore à démontrer son *utilité réelle* et son respect de contraintes économiques et sociales qui peuvent influencer son adoption. Pour cela, seuls des tests grandeur réelle (appelés aussi études terrain ou bêta-tests) peuvent apporter des réponses définitives. Ces tests imposent l'utilisation d'une version relativement complète du produit par un large panel d'utilisateurs sur une période allant de plusieurs semaines à plusieurs mois.

Les tests utilisateurs se distinguent aussi par les données qu'ils permettent d'obtenir et, de ce fait, le type d'impact qu'ils peuvent avoir sur la conception. Généralement, plus un test est étendu, plus il sera exploité sur la base de *données quantitatives* de performance et de satisfaction. Les tests sur des grands panels d'utilisateurs ne sont donc pas appropriés pour identifier des problèmes d'utilisabilité spécifiques et pour permettre d'y apporter les solutions pertinentes. Il serait donc contre-productif pour la qualité de la conception de ne miser que sur ce genre de tests, malgré ses avantages évidents. Les tests effectués avec un panel réduit d'utilisateurs sur une maquette ou une version quasi fonctionnelle du produit offrent en revanche cette possibilité, à condition toutefois de chercher à obtenir un ensemble de *données qualitatives* permettant d'expliquer les difficultés d'utilisation rencontrées et les jugements d'insatisfaction recueillis. Pour cela, des méthodes de verbalisation provoquée – par exemple, en demandant aux utilisateurs de raisonner à voix haute tout en utilisant le système (voir., Jørgensen, 1989) – et d'entretiens doivent être appliquées (pour une application des méthodes d'entretien, voir Karsenty, 2001).

L'impact de l'ergonomie dans la conception est en grande partie liée à cette capacité d'explication des comportements et des jugements des utilisateurs qui oriente plus directement la conception vers l'identification de solutions pertinentes.

Limites d'un processus itératif

Les avantages d'une démarche itérative de conception s'appuyant de façon prépondérante sur des tests avec les utilisateurs sont connus depuis au moins vingt ans : diminution des risques de reconception, donc impact important sur le coût total d'un projet ; diminution des risques d'incompréhension des besoins des utilisateurs grâce à leur participation active à toutes les phases du processus de conception ; augmentation de la satisfaction des clients, se traduisant notamment par une sollicitation moins forte des services de support (*hotline*) et, généralement, par une adoption plus rapide et plus large du produit. Toutefois, force est de constater que le succès de cette démarche en milieu industriel est très relatif. La grande majorité des projets s'inscrit encore dans un cycle linéaire de conception/développement. Certaines raisons expliquant cet apparent immobilisme sont déjà bien identifiées, parfois depuis plus de dix ans (par exemple, Grudin, 1990).

– *Un processus difficile à maîtriser* : c'est probablement la raison la plus souvent avancée. Les promoteurs d'une démarche itérative ne font aucune promesse sur le nombre d'itérations (et donc sur le temps et le coût), nécessaire à l'atteinte d'une solution optimale. Or, dans tous les projets avec un client, un cahier des charges doit être établi pour permettre aux uns de proposer un chiffrage du produit et aux autres d'accepter ou non ce chiffrage. Sans une définition précise des fonctions à réaliser – ce qui est inhérent à une démarche itérative – un tel chiffrage est impossible à atteindre, sauf à prendre des risques importants sur les coûts et les délais.

– *La pression temporelle dans les projets industriels* : lorsque la démarche itérative est pleinement appliquée, on constate qu'il faut généralement bien plus de deux ou trois itérations – six ou sept sont des chiffres fréquemment mentionnés – pour atteindre un produit qui satisfasse une majorité d'utilisateurs. Suivant la complexité du système, un cycle itératif complet peut donc prendre de quelques mois – pour un site Web par exemple – à quelques années. De nombreux projets industriels, n'ayant pas toujours cherché à identifier le temps réellement nécessaire pour atteindre leurs ambitions, imposent des délais de livraison plus courts. Cette contrainte temporelle affecte bien évidemment les possibilités d'itération et, chose importante, elle tend aujourd'hui à être autant présente dans les centres de production que dans les centres de R&D industriels.

– *Le problème de disponibilité des utilisateurs* : la démarche itérative repose sur une participation des utilisateurs. Pour certaines applications, en particulier des applications professionnelles, l'un des freins possibles à la démarche itérative est le manque de disponibilité des utilisateurs.

– *Les limites inhérentes aux produits grand public* : pour les produits grand public, il est impossible de faire participer un panel représentatif d'utilisateurs – digne de

cette qualification – à la conception ainsi que d'anticiper et de tester un grand nombre de situations d'usage possibles. Dans ces conditions, la tentation est grande de croire que le seul test possible consiste à déployer une première version du produit tout en acceptant, éventuellement, de faire réaliser au préalable un simple et unique test visant à détecter des points bloquants – ceux qui empêcheraient d'utiliser le produit.

À cela s'ajoutent des limites de toute démarche essentiellement empirique lorsqu'on conçoit un produit innovant. La participation des utilisateurs aux séances de créativité se révèle parfois décevante, non pas parce que les utilisateurs ne génèrent pas d'idées nouvelles, mais plutôt parce qu'ils peuvent générer ou évaluer des idées qui, dans l'abstrait, semblent leur convenir et qui, en réalité, ne rencontreront pas un succès franc. Quand des tests sont réalisés avec des versions totalement ou partiellement simulées du produit final (méthode du Magicien d'Oz¹), la question de la validité des résultats obtenus se pose toujours.

Par ailleurs, il est fréquent, lors des tests d'utilisabilité, de se trouver dans une situation d'incapacité à juger dans l'absolu le niveau d'acceptabilité d'un produit. Par exemple, avec les services vocaux en langage naturel, et bien que ce thème soit étudié empiriquement depuis plus de dix ans, on sait que le taux d'erreurs de reconnaissance affecte la satisfaction des utilisateurs, mais on ne sait toujours pas dire à partir de quel taux d'erreurs un système devient inacceptable ou si, pour tel taux d'erreurs, le système est acceptable ou non. Cette limite s'explique par le fait que, pour des produits innovants, des valeurs de référence n'existent pas encore. Étant donné cette lacune, il est parfois tentant de conclure que tel produit est acceptable alors qu'aucune mesure réelle d'acceptabilité n'a pu être mise en œuvre.

Dernière limite aux démarches de conception empiriques : en insistant sur l'absolue nécessité de l'implication des utilisateurs et de l'observation en tant que principales clés du succès, elles peuvent conduire à négliger l'intérêt qu'il y a d'exploiter des connaissances existantes et à gérer les connaissances acquises dans chaque projet. Du coup, elles peuvent favoriser l'apparition de divergences de représentations chez les concepteurs², se traduisant par des incohérences dans les choix de conception, mais aussi des « pertes » d'information sur les exigences des

1. Méthode du magicien d'Oz : Cette méthode est souvent utilisée pour simuler l'usage d'un système informatique ou d'un produit qui n'est pas encore réalisé. Il s'agit de mettre un sujet devant un artefact plus ou moins achevé de ce système, dans les mêmes conditions d'utilisation que le futur système projeté et de l'observer manipulant cet artefact. Les fonctions du système manquantes sur lesquelles on cherche des informations d'usage sont réalisées à l'insu du sujet par une ou des personnes – appelée(s) magicien(s) – se trouvant à distance. On obtient dès lors un minimum de biais entre la situation simulée par « magicien d'Oz » et la situation réelle ciblée par le produit ou service innovant. L'analyse du comportement des sujets ainsi « leurrés » permet d'obtenir de précieux renseignements pour la conception.

2. La mise en place d'un debriefing en équipe après chaque session participative et chaque test utilisateurs limite sensiblement ce problème. Malheureusement, une telle démarche n'est pas toujours compatible avec la charge de travail des concepteurs en milieu industriel.

utilisateurs et les contextes d'utilisation au cours du processus de conception et, surtout, un réapprentissage quasi complet à chaque nouveau projet lorsque les acteurs de la conception changent.

Si l'on prend sérieusement en compte les contraintes du monde industriel et le recul de ces dernières années, il semble irréaliste de vouloir faire reposer le succès d'un projet exclusivement sur la mise en place d'un cycle complet de conception itérative et participative. Des approches alternatives sont nécessaires. Avant d'en esquisser les contours, on analysera l'apport et les limites des principales approches de la conception fondées sur des connaissances ergonomiques.

L'EXPLOITATION DE CONNAISSANCES ERGONOMIQUES DANS UN PROCESSUS DE CONCEPTION

L'apport de connaissances ergonomiques en conception de produits peut se réaliser selon différentes modalités. Nous en évoquerons trois : l'introduction d'une expertise humaine, l'utilisation de critères ergonomiques et l'utilisation de modèles de l'utilisateur.

L'expertise ergonomique

De nombreuses méthodes invitent à penser qu'une évaluation de maquettes réalisée par des experts en ergonomie des IHM peut permettre d'identifier un nombre assez important de problèmes d'utilisabilité. On peut citer notamment la méthode de l'évaluation heuristique (Nielsen et Molich, 1990), aussi appelée multi-expertise car elle mobilise généralement plusieurs experts – entre trois et cinq – au cours d'une session d'évaluation, ou les méthodes d'inspection fondées sur des scénarios et une série de questions types à se poser dans chaque phase d'un scénario (Nielsen et Mack, 1994). La méthode dite de l'inspection cognitive (*cognitive walkthrough*) propose par exemple aux évaluateurs de se poser quatre questions à chaque stade de l'interaction (Lewis et Wharton, 1997) :

- L'utilisateur essaiera-t-il de réaliser le but attendu ?
- L'utilisateur identifiera-t-il si l'action correcte est disponible ?
- L'utilisateur associera-t-il l'action correcte avec le but à réaliser ?
- Si l'action correcte est réalisée, l'utilisateur pourra-t-il évaluer qu'un progrès a été fait vers le but à atteindre ?

Ces méthodes sont « non empiriques » et reposent donc sur des prédictions. En ce sens, elles sont moins fiables que les méthodes empiriques. Toutefois, elles présentent d'autres avantages. Le premier d'entre eux est qu'elles ne nécessitent pas un produit développé et peuvent donc être appliquées plus tôt que les évaluations

empiriques. Dans ces conditions, l'adhésion des concepteurs aux modifications induites par les problèmes détectés sera plus facile à obtenir que lorsqu'un développement a déjà eu lieu. Elles réduisent en outre l'implication nécessaire des utilisateurs. Néanmoins, la participation des utilisateurs au cours d'une phase de discussion des problèmes identifiés par les experts produit généralement de meilleurs résultats que lorsque les concepteurs ne prennent en compte que les conclusions des experts. Un autre avantage de ces méthodes est qu'elles permettent d'identifier un grand nombre de problèmes d'utilisabilité provoqués par une incompatibilité entre le fonctionnement d'un système et les comportements et attentes *habituels* d'un utilisateur. À cela s'ajoute le fait que des experts en ergonomie, ayant accumulé de nombreuses expériences, évaluent le produit en évoquant un grand nombre de situations d'usage possibles, parfois beaucoup plus que celles qui sont utilisées dans les tests utilisateurs. L'expertise agrandit l'espace de recherche de solutions dans lequel l'usage du produit peut être envisagé.

En revanche, les méthodes d'inspection ne permettent pas d'anticiper l'effet des comportements exploratoires de l'utilisateur. Et elles sont surtout limitées à l'anticipation des représentations et des raisonnements utilisateurs *inattendus*, pourtant source de nombreux problèmes d'utilisabilité (Karat *et al.*, 1992 ; Cockton et Woolrych, 2002). Comme on peut s'y attendre, cette limite est accentuée lorsqu'on se place dans le cadre de la conception de produits innovants car, dans ce cas, les experts peuvent exploiter moins de connaissances et d'expériences antérieures pour anticiper les problèmes possibles. Plus généralement, il faut reconnaître que les résultats à attendre d'une telle approche de l'évaluation sont relatifs, puisqu'ils dépendent fortement des connaissances et des expériences de chacun.

Les critères ergonomiques

Les experts appliquant des méthodes d'inspection s'appuient, explicitement ou non, sur des critères ergonomiques pour évaluer les IHM qu'on leur propose. La méthode de l'évaluation heuristique, par exemple (Nielsen et Molich, 1990), propose une dizaine de critères généraux pour guider l'inspection des experts, tels que : il faut un dialogue simple et naturel ; il faut utiliser le langage de l'utilisateur ; les choix d'interfaces doivent être cohérents, etc. De nombreux autres travaux se sont consacrés à l'élaboration de critères ergonomiques pour guider les concepteurs dans leurs choix et faciliter l'évaluation (par exemple, Vanderdonckt, 1994 ; Bastien et Scapin, 1995 ; ISO, 1996).

Les critères aident les concepteurs à reformuler leurs problèmes en prenant le point de vue des utilisateurs et, ce faisant, réduisent fortement l'espace des options possibles. Ainsi, un concepteur qui doit concevoir un menu d'accueil, par exemple, peut redéfinir sa tâche en prenant en compte des critères ergonomiques et chercher alors à mettre en forme un menu organisé en fonction des tâches prioritaires des utilisateurs, utilisant leur langage pour identifier les items du menu, fournissant un feed-back immédiat après la sélection de chaque item, etc. Ce faisant, le concepteur

intègre dans son processus de décision des connaissances sur le fonctionnement cognitif des utilisateurs encapsulées dans la définition des critères ergonomiques. L'intérêt pour le concepteur est ainsi de lui éviter d'acquérir et de manipuler directement toutes ces connaissances.

Cet avantage peut toutefois se transformer en inconvénient dans le cadre de la conception de produits innovants qui exploitent de nouvelles technologies d'interaction. Il serait en effet faux de croire qu'une liste de critères génériques puisse exister, sauf à atteindre des critères tellement génériques qu'ils en perdraient tout intérêt pour les concepteurs. En fait, les critères existants peuvent se révéler incomplets pour définir les caractéristiques attendues du produit. Les produits de type jeux vidéo ont, par exemple, introduit la nécessité d'un nouveau et néanmoins prépondérant critère de « jouabilité » qui est lié non seulement à la maniabilité mais aussi à l'intérêt que suscite un jeu. On peut aussi citer le cas des applications de la réalité virtuelle qui ont fait apparaître la nécessité d'évaluer le caractère immersif d'un produit, c'est-à-dire la possibilité qu'il donne à l'utilisateur de se sentir plongé dans l'environnement virtuel.

L'arrivée de nouvelles technologies d'interaction peut aussi conduire à redéfinir certains critères ergonomiques qui, s'ils étaient suivis à la lettre, pourraient conduire à des décisions erronées. L'avènement de l'interaction vocale en langage naturel en fournit une illustration frappante. Pour ne prendre qu'un exemple, le critère de concision ne peut s'appliquer comme dans le cadre des interfaces graphiques du fait des propriétés cognitives d'un dialogue. Ainsi, dans le cadre d'une application de recherche d'information, se pose généralement la question du format du feed-back de compréhension. Il peut alors paraître *a priori* plus satisfaisant de fournir des feed-back de compréhension imbriqués dans les questions suivantes du système. Par exemple, l'utilisateur demande de réserver un avion au départ de Toulouse et le système répond : « Vous voulez partir de Toulouse pour quelle destination ? » Toutefois, l'expérience a montré que la solution la plus satisfaisante pour fournir un tel feed-back consistait à le présenter en premier et de façon indépendante en laissant alors un temps d'une seconde environ pour que l'utilisateur l'évalue. Seulement ensuite, le système peut continuer le dialogue en posant une nouvelle question ou en apportant des informations. Cette solution est certes moins concise, mais elle améliore nettement non seulement la détection d'erreurs de compréhension et partiellement leur correction, mais aussi la satisfaction des utilisateurs qui ressentent un meilleur niveau de contrôle sur le système (Karsenty, 2002).

On pourrait objecter ici que c'est moins une redéfinition du critère de concision qui apparaît nécessaire que la définition de nouvelles règles de compromis entre différents critères, par exemple entre le critère de concision et le critère de compatibilité cognitive. Le problème est que peu de règles de cette sorte sont documentées (ce qui est parfois reproché aux guides de conception d'ailleurs) et, surtout, que les concepteurs devraient faire face au même problème de redéfinition des règles de compromis existantes.

Ces remarques posent plus généralement le problème de la compréhension qu'a chaque concepteur des critères ergonomiques et du caractère relatif des jugements

que chacun peut faire en fonction d'une liste pourtant identique de critères (Pollier, 1992). Elles soulignent en outre que la maîtrise d'une liste de critères ne remplace pas la compréhension fine du comportement des utilisateurs, ce qui devient nécessaire pour s'adapter dès que le cadre de l'interaction change.

Une autre limite des critères ergonomiques, plus fondamentale, touche à l'accent mis sur l'utilisabilité et l'utilité pour juger de l'acceptabilité, mais sans donner d'indications sur l'interaction que ces deux paramètres entretiennent. On sait en effet dire, de façon générale, que plus un produit sera jugé utile, moins l'utilisabilité sera déterminante dans l'acceptabilité du produit. Mais on est incapable aujourd'hui d'être plus précis dans les recommandations. On peut aussi avancer que *la vision de l'utilité en ergonomie est apparue trop restrictive* ces dernières années. Elle est initialement ancrée dans une tradition de conception d'outils professionnels. Pour cette raison, elle est conçue en relation avec les buts d'utilisation de l'utilisateur. Mais si l'on se restreignait à une telle définition, comment comprendre le succès des téléphones portables quand on sait que beaucoup d'acquéreurs ne les utilisent quasiment pas ? Manifestement, le concept d'utilité doit dépasser le cadre strict de l'utilisation. Par ailleurs, comment comprendre le succès des SMS, l'antithèse en matière d'utilisabilité, sans approfondir non seulement notre compréhension du concept d'utilité, mais aussi celle de la relation entre utilité et utilisabilité (les SMS ont trouvé des formes d'utilité, en grande partie inattendues d'ailleurs, telles que l'identification à une génération ou à un groupe ou encore la sécurisation de relations « secrètes », qui justifient l'effort consacré par les utilisateurs pour dépasser les défauts d'utilisabilité). Et, finalement, est-on bien sûr d'avoir cerné les principaux paramètres affectant l'acceptabilité des produits informatiques innovants avec les notions d'utilité et d'utilisabilité ? Que dire de la notion de « plaisir » ou « d'esthétique » qui semble jouer un rôle si important dans l'adoption de produits au design très évolué (voir le succès des iMac d'Apple, par exemple) et qui pourrait traduire une forme d'identification entre l'objet et un idéal de certaines catégories d'utilisateurs ? Certains sociologues ont d'ores et déjà pris en compte ces facteurs en introduisant la notion de « signification » du produit, qui se définit par rapport au système de valeurs de chaque utilisateur (voir le chapitre 7). L'approche ergonomique de la conception, telle qu'elle est conçue habituellement, manque assurément de ce type de notions qui, au moins pour certaines catégories de produits, pourraient jouer un rôle bien plus prépondérant dans l'acceptabilité que l'utilisabilité et l'utilité.

Il faut noter que l'impact de ces limites conceptuelles et pragmatiques des critères ergonomiques peut être réduit en appliquant un cycle de conception itératif et participatif grâce à l'implication active des utilisateurs à toutes les phases du projet. Leurs contributions peuvent justement conduire les concepteurs à identifier des usages inattendus – souvent sans lien avec l'utilité définie *a priori* du produit – et choisir des options porteuses de plus de significations. Elles peuvent aussi aider à lever des doutes, comme on l'a vu, sur les compromis acceptables ou non. Par contre, parce qu'ils imposent un filtre sur l'élaboration de l'espace des solutions, les critères

ergonomiques utilisés peuvent conduire les concepteurs à ne présenter aux utilisateurs qu'un sous-ensemble de solutions possibles, en étant « passés à côté » des solutions les plus satisfaisantes, réduisant ainsi l'intérêt de leur participation active.

Les modèles de l'utilisateur

Les modèles de l'utilisateur constituent un autre type de connaissances ergonomiques utilisées en conception, mais de façon moins répandue, tout au moins dans leur forme explicite. Un modèle de l'utilisateur repose sur une compréhension assez fine des besoins d'information et des processus mis en jeu dans le comportement des utilisateurs et en propose une représentation abstraite et synthétique. Il faut noter que certains modèles, hérités directement des travaux de modélisation du comportement menés en psychologie cognitive (par exemple, Card, Moran et Newell, 1983 ; Kieras et Polson, 1985 ; Payne et Green, 1986) se sont révélés moins opérationnels que les adaptations et simplifications de ces modèles que certains chercheurs (ex., Rasmussen, 1986 ; Norman, 1988) ont proposées pour orienter la réflexion des concepteurs (voir par exemple Bellotti, 1990).

Avant de discuter du rôle mais aussi des limites de ces modèles, faisons un constat : toute conception d'IHM repose sur un modèle de l'utilisateur (Carroll et Rosson, 1991 ; Karsenty, 2000). Le plus souvent, ce modèle est *implicite* dans le sens où aucune représentation explicite n'est exploitée ou construite au cours du processus de conception. Mais cela n'empêche pas que les choix de conception ne peuvent se faire, généralement, qu'en se fondant sur une certaine représentation des utilisateurs. Prenons un exemple : si les spécifications fonctionnelles d'un système informatique de messagerie électronique précisent qu'un besoin de l'utilisateur est d'être averti à tout moment de l'arrivée d'un message, les concepteurs identifieront l'état « arrivée d'un message » auquel ils feront correspondre un signal censé prévenir l'utilisateur. Le choix de ce signal va faire intervenir un modèle de l'utilisateur : par exemple, le choix d'une icône représentant une enveloppe clignotante n'est justifié que si l'on pense que l'attention des utilisateurs peut être plus facilement attirée par un signal clignotant que par une image fixe. L'intervention d'un modèle de l'utilisateur va s'effectuer ensuite dans la définition des états consécutifs possibles : les concepteurs vont, par exemple, distinguer le cas où l'utilisateur consulte immédiatement sa messagerie du cas où il ne la consulte pas. Cette restriction dans le choix des états à retenir est le résultat de l'application d'un modèle des comportements possibles de l'utilisateur. Si ce modèle avait inclus un comportement supplémentaire – par exemple, l'utilisateur peut cliquer sur l'enveloppe clignotante, croyant qu'il fera ainsi apparaître le nouveau message –, un état supplémentaire pourrait être défini avec la réaction appropriée du système (par exemple, si détection d'un clic sur l'enveloppe, afficher un message d'erreur).

Bien souvent, les modèles de l'utilisateur implicites sont alimentés par les croyances partagées par une communauté ainsi que les croyances naïves de chaque concepteur. Ils peuvent ainsi diverger en fonction des concepteurs, ce qui explique

une part des incohérences que l'on peut trouver dans les IHM réalisées par une équipe de concepteurs. Quand la conception bénéficie d'une participation active des utilisateurs et de la mise en place de tests utilisateurs, ces croyances initiales peuvent être révisées. Mais, même dans ce cas, ce travail de révision reste individuel et tributaire des interprétations de chacun. L'utilisation de modèles de l'utilisateur explicites devrait donc en premier lieu favoriser la cohérence d'une équipe de conception et, par conséquent, la cohérence des choix de conception. Si des modèles explicites étaient utilisés de façon systématique en conception, ils favoriseraient le questionnement constant sur les comportements possibles des utilisateurs avant même que des tests aient lieu. Le recours aux utilisateurs réels n'en serait que plus indispensable et leur participation active plus appréciée.

Par ailleurs, des modèles de l'utilisateur explicites constituent des outils de capitalisation. Si un modèle de l'utilisateur est utilisé explicitement en faisant des choix de conception, les tests utilisateurs pourront servir non seulement à mesurer l'acceptabilité du produit mais aussi à vérifier la validité du modèle. Tout résultat non satisfaisant et inattendu doit se traduire par une révision du modèle. Les concepteurs peuvent ainsi profiter d'un corps de connaissances sans cesse mis à jour, que ce soit pour faire évoluer un produit existant ou pour démarrer un nouveau projet.

Tout cela constitue des avantages théoriques des modèles de l'utilisateur explicites, mais il faut bien reconnaître qu'aujourd'hui encore peu de concepteurs – ergonomes ou non d'ailleurs – les utilisent dans leur pratique. Il y a plusieurs raisons à cela.

– *Les modèles de l'utilisateur produits en ergonomie sont généralement difficiles à comprendre et à manipuler par des concepteurs.* En fait, étant construits avec une certaine visée de généralité, les éléments qu'ils font apparaître sont bien souvent trop éloignés de la sémantique des choix de conception. La connaissance qu'ils fournissent n'est tout simplement pas assez directement opérationnelle. Cela est accentué par le fait que la plupart des modèles ne décrivent pas tous les éléments nécessaires pour faire des choix de conception. On constate enfin qu'ils peuvent être incompris si leurs contextes d'élaboration et de validation ne sont pas connus, ce qui est le plus souvent le cas. Un concepteur peut en effet très bien arguer que, dans son cas, l'utilisateur ne devrait pas se comporter de telle ou telle façon ou rencontrer telle difficulté, et négliger ainsi une anticipation faite par un modèle de l'utilisateur. Pour toutes ces raisons, les concepteurs préfèrent généralement des guides ou des critères de conception à des modèles de l'utilisateur, jugés plus proches de leurs préoccupations concrètes. Mais nous avons vu que des critères encapsulent d'une certaine manière des connaissances sur le fonctionnement des utilisateurs et peuvent, de ce fait, engager le raisonnement des concepteurs sur des voies trompeuses lorsque le cadre habituel de l'interaction change. Un modèle de l'utilisateur ne peut avoir le même effet car il explicite des processus en lien direct avec les spécificités de l'interaction traitée.

– *Les modèles de l'utilisateur n'ont pas un grand pouvoir prédictif.* C'est un fait, mais cela ne devrait pas être considéré comme un reproche. Les prédictions exactes sont quasiment impossibles dès qu'on traite d'interaction homme-machine non pas en théorie mais dans des situations d'usage réel, du fait de la complexité de ces situations. Les seuls modèles cognitifs qui prétendent vraiment à un certain pouvoir de prédiction sont les modèles hérités de l'approche GOMS (Card, Moran et Newell, 1983). Ces modèles, fondés sur une représentation abstraite de l'utilisateur en tant que processus de traitement de l'information, prédisent des temps de réalisation de tâches à partir d'une décomposition de ces tâches en actions élémentaires. Toutefois, s'ils ont fourni des résultats assez convaincants sur de petites applications, leur validité est remise en cause dès qu'ils sont utilisés dans le cadre d'applications réelles, donc plus étendues (Greif et Gediga, 1987). En fait, les modèles de l'utilisateur permettent, dans un grand nombre de cas, de réduire l'espace des solutions possibles, en écartant celles qui sont de façon évidente en contradiction avec le fonctionnement attendu des utilisateurs. Toutefois, leur vertu principale est de susciter un questionnement sur les utilisateurs à tous les stades de l'élaboration d'une solution. C'est d'ailleurs ainsi qu'ils sont utilisés dans les méthodes d'inspection cognitive. Pour cette raison, il semble inconcevable d'envisager l'utilisation d'un modèle de l'utilisateur indépendamment de la mise en place de tests utilisateurs, même si le recours aux tests doit normalement diminuer au fur et à mesure qu'un modèle se stabilise, donc après de nombreuses mises à l'épreuve empiriques.

– *En conception de produits innovants, les modèles de l'utilisateur disponibles sont soit très généraux – donc peu opérationnels –, soit absents.* Cette limite est évidente. Pour ne citer que quelques exemples, il n'existe aujourd'hui aucun modèle précis de l'interaction vocale, de l'interaction multimodale ou de l'interaction dans un monde virtuel. Cet état de fait renforce une pratique de la conception en innovation fondée sur les croyances naïves et implicites des concepteurs, donc non partagées. On est toutefois en droit de s'interroger sur la fatalité de ce constat : doit-on l'accepter ainsi, ou est-il possible de le dépasser par une meilleure anticipation ?

CONCLUSION

Un parti pris alimentera cette conclusion : la conception de produits doit éviter de faire reposer les choix sur la seule subjectivité des concepteurs. Les utilisateurs doivent donc rester présents tout au long d'un cycle de conception. En analysant l'apport et les limites de plusieurs approches ergonomiques de la conception, il a été possible de constater que la « présence » des utilisateurs pouvait prendre plusieurs formes :

– par leur discours et leur imagination, lors des phases amont de la conception (analyse du besoin, séances de créativité, *brainstorming*, etc.) ;

- par l'observation de leurs actes et de leurs raisonnements en situation réelle ou simulée lors des tests utilisateurs ;
- par l'expérience d'ergonomes experts appliquant des méthodes d'inspection du produit ;
- par l'utilisation de critères ergonomiques, que ce soit au cours des phases d'élaboration de solutions ou des phases d'évaluation ;
- et, enfin, par l'exploitation de modèles de l'utilisateur, particulièrement utiles dans les phases de conception antérieures aux tests utilisateurs.

L'une des conclusions qui se dégage de notre analyse est la *nécessaire complémentarité* de ces différentes formes de « présence » liées aux limites de chaque approche (voir aussi Bellotti *et al.*, 1995 ; Mackay et Fayard, 1997). Les approches fondées sur des connaissances ergonomiques ont le potentiel de réduire le besoin d'itérer en conception, puisque l'itération est fondamentalement nécessaire pour combler un manque de connaissances sur les utilisateurs. Mais les incertitudes que ces connaissances véhiculent, voire les insuffisances qui les caractérisent, en particulier en innovation, ne peuvent être réellement résolues qu'en ayant recours à des approches empiriques.

Cette complémentarité souhaitée est aujourd'hui difficile à réaliser dans le cadre de la conception de produits innovants étant donné le peu de connaissances ergonomiques disponibles. Dans ces conditions, les approches empiriques de la conception utilisées dans le cadre d'un cycle itératif *complet* sont les seules à pouvoir garantir l'obtention d'un produit satisfaisant. Pourtant, un tel cycle se révèle incompatible avec les contraintes économiques et organisationnelles rencontrées dans le monde industriel. Le problème semble donc insoluble, sauf à modifier au moins en partie les termes du problème.

Une voie possible consiste à découper le processus de développement d'un produit innovant en deux phases nettement différenciées : une première phase de conception, fortement participative, exigeant plusieurs itérations, et dont l'objectif serait de permettre la définition d'un cahier des charges précis, et une deuxième phase de développement qui suivrait une démarche industrielle plus classique. Toutefois, cette approche ne fait que reporter le problème sur la première phase qui, si elle s'inscrit dans une relation client-fournisseur, pose les mêmes problèmes. En outre, elle peut engendrer de nouveaux problèmes en distinguant très nettement la conception du développement : la perte d'expérience caractérisant le passage de l'une à l'autre phase, phases généralement conduites par des équipes différentes, accentue les divergences généralement observées du fait que des outils distincts et des contraintes propres au développement ne permettent pas toujours de réaliser directement les résultats de la conception. Cette approche, qui peut faciliter la relation avec des clients, est donc au mieux insuffisante.

Une autre voie possible, caractéristique des situations où l'on manque de connaissances pour appréhender la nouveauté, consiste à adopter une stratégie par essai-erreur : on développe et on lance un produit sur le marché pour tester directement ses chances de succès. La stratégie est décrite ici de façon grossière car, évidemment, les industriels qui l'appliquent peuvent prendre quelques précautions

supplémentaires en réalisant une étude des besoins en amont ou un test utilisateurs avant la sortie du produit, permettant ainsi d'éviter des problèmes bloquants. Mais de telles précautions ne remplacent pas les vertus d'un cycle de conception itératif complet. Par conséquent, cette stratégie peut coûter très cher et seuls certains gros industriels à l'assise financière solide peuvent l'envisager.

Une troisième voie possible, sur laquelle nous nous attarderons un peu plus, consisterait à *encourager le développement de modèles de l'utilisateur* et, plus généralement, de connaissances ergonomiques *par anticipation*, avant qu'une nouvelle technologie soit mûre. La conception pourrait ainsi bénéficier d'une compréhension plus fine des besoins et des contraintes des utilisateurs et permettre aux tests utilisateurs de se concentrer sur les comportements de l'utilisateur les plus difficiles à anticiper. Plusieurs conditions seraient nécessaires pour rendre cela possible.

– *Le secteur public et/ou le secteur privé devrait consacrer une part de ses efforts de R&D à la réalisation de modèles de l'utilisateur pour des produits impliquant de nouvelles technologies d'interaction.* Aujourd'hui, le secteur public bénéficie de très peu de chercheurs capables de produire de tels modèles, fondés sur des connaissances issues des Sciences Cognitives mais orientés vers la conception de produits. Par ailleurs, la grande majorité des entreprises engagent des efforts de R&D à visée essentiellement technologique : ces efforts devraient être complétés, dans le cycle de développement d'une nouvelle technologie, par le financement de *recherches ergonomiques* (et pas uniquement de tests utilisateurs) visant à mieux comprendre et anticiper les besoins et les usages possibles liés aux nouvelles technologies. L'élaboration d'une première version d'un modèle de l'utilisateur consiste, dans un premier temps, à identifier, rassembler et synthétiser les connaissances existantes, pertinentes pour des familles d'applications, voire à les compléter par des composantes hypothétiques quand certains aspects ne sont pas couverts par les connaissances existantes et, dans un second temps, à mettre en place des tests visant à valider ce modèle. La validation d'un modèle de l'utilisateur impliquant généralement une simulation ou une maquette d'un produit, une telle action ne devrait pas être prévue trop tôt – pas avant qu'on sache assez précisément ce qu'il sera possible de faire avec la nouvelle technologie – mais pas trop tard non plus – pas avant que des choix techniques ayant un impact potentiel sur l'usage ne soient figés. Ce principe théorique peut toutefois être difficile à appliquer dans certains cas. Il faut alors accepter une part de risque dans l'effort de modélisation de l'utilisateur, certains modèles pouvant être fondés sur des hypothèses qui se révéleront fausses une fois que la technologie aura mûri.

– *Pour améliorer le caractère opérationnel des modèles de l'utilisateur, des travaux devraient être menés pour en étudier l'utilisation en conception.* Comme pour les IHM, ce travail d'analyse pourrait conduire à définir un guide d'élaboration des modèles de l'utilisateur à destination des équipes de conception. Ce guide devrait notamment aider à identifier les connaissances pertinentes à représenter, les modes de représentation de ces connaissances les plus adaptés (en fonction de différents

buts d'utilisation et de différents profils de concepteurs) ainsi que des informations complémentaires à prévoir pour faciliter la compréhension et l'évolution de ces modèles. Il serait en outre nécessaire de déterminer si l'approche la plus adaptée pour guider le travail de conception en milieu industriel consiste à fournir des modèles de l'utilisateur et/ou des guides ou des critères de conception dérivés de ces modèles, et/ou des techniques d'inspection cognitive listant une série de questions dont la définition reposerait sur des modèles de l'utilisateur enrichis par rapport au modèle originel de Lewis et Polson (cf. Polson, Lewis, Rieman et Wharton, 1992), et/ou étendus à de nouvelles formes d'interaction. Il faudrait déterminer, en outre, si la « fourniture » de connaissances ergonomiques à des concepteurs au profil essentiellement technique est une approche viable ou s'il ne serait pas préférable de prévoir l'intervention de concepteurs ergonomes maîtrisant (normalement) plus facilement ces connaissances.

– *Enfin, pour réaliser tout le potentiel que l'utilisation de modèles de l'utilisateur explicites devrait permettre, des études sur la capitalisation des connaissances fondée sur un modèle de l'utilisateur devraient être engagées.* Ces études devraient aider à déterminer les conditions d'enrichissement et de réutilisation d'un modèle de l'utilisateur. Un des enjeux ici consisterait à réussir à lier, et donc à tracer, les différentes formes de connaissances ergonomiques : ainsi des liens pourraient être créés des modèles aux critères de conception, des critères de conception aux décisions de conception, des décisions de conception aux retours utilisateurs obtenus lors des tests, et des retours utilisateurs aux modèles pour en confirmer, infirmer ou raffiner les différentes composantes. Quel que soit le niveau de connaissances utilisé ou réutilisé, les concepteurs pourraient ainsi récupérer leur contexte d'élaboration et de validation, favorisant une bonne compréhension et un jugement plus sûr concernant leur pertinence dans un projet donné.

L'articulation entre des démarches empiriques et des démarches fondées sur des connaissances ergonomiques n'est pas la seule condition pour dépasser les limites actuelles de l'ergonomie en conception. On a notamment évoqué la nécessité de *redéfinir le concept d'utilité*, tel qu'il est généralement appréhendé, et de préciser son lien avec le concept d'utilisabilité et le concept de signification d'usage avancé par les sociologues. Parallèlement, les modèles de l'utilisateur utilisables en conception devraient être enrichis pour que cette notion de signification d'un produit trouve sa place. Cette réflexion devrait conduire à mieux appréhender l'acceptabilité des produits innovants.

Laurent KARSENTY

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BASTIEN J.M.C., SCAPIN D.L. (1995), « Evaluating a User Interface with Ergonomic Criteria », *International Journal of Human-Computer Interaction*, 7, p. 105-121.
- BELLOTTI V. (1990), « A Framework for Assessing Applicability of HCI Techniques », *Proceeding of Interact'90*, 3rd IFIP Conference on Human – Computer Interaction, Cambridge.
- BELLOTTI V., BUCKINGHAM SHUM S., MACLEAN A., HAMMOND N. (1995), « Multidisciplinary Modelling in HCI Design... in Theory and in Practice », *Proceedings of CHI'95*, New York, ACM Press, p. 154-161.
- BEYER H., HOLTZBLATT K. (1997), *Contextual Design: A Customer-Centered Approach to Systems Designs*, New York, Morgan Kaufman.
- CARD S.K., MORAN T.P., NEWELL A. (1983), *The Psychology of Human Computer Interaction*. Hillsdale, New Jersey, Lawrence Erlbaum.
- CARROLL J.M. (1995), *Scenario-Based Design. Envisionning Work and Technology in System Development*, New York, Wiley & Sons.
- CARROLL J.M., ROSSON M.B. (1991), « Deliberated Evolution: Stalking the View Matcher in Design Space ». *Human-Computer Interaction*, 6, 3/4, p. 281-318.
- COCKTON G., WOOLRYCH A. (2002), « Sale Must End: Should Discount Methods Be Cleared off HCI's Shelves? », *Interactions*, 9, 5, p. 13-18.
- GOULD J.D. (1997), « How to Design Usable Systems », in M. HELANDER, T. LANDAUER et P. PRABHU (dir.), *Handbook of Human-Computer Interaction*. 2nd édition, Amsterdam, Elsevier, p. 757-789.
- GOULD J.D., LEWIS C. (1985), « Designing for Usability: Key Principles and What Designers Think », *Communications of the ACM*, 28, 3, p. 300-311.
- GRIEF S., GEDIGA G. (1987), « A Critique and Empirical Investigation of the “One-Best-Way-Models” in Human-Computer Interaction », in M. FRESE., E. ULICH et W. DZIDA (dir.), *Psychological Issues of Human-Computer Interaction in the Work Place*, Amsterdam, Elsevier, p. 357-377.
- GRUDIN J. (1990), « Obstacles to User Involvement in Interface Design in Large Product Development Organizations », *Interfact'90*, Amsterdam, Elsevier, p. 219-224.
- GUÉRIN F., LAVILLE A., DANIELLOU F., DURAFFOURG J., KERGUELEN A. (1997), *Comprendre le travail pour le transformer : la pratique de l'ergonomie*, Montrouge, ANACT, 2^e édition.
- HIX D., HARTSON H.R. (1993), *Developing User Interface: Ensuring Usability through Product and Process*, New York, Wiley.
- ISO (1996), *Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminals. Part 10*, réf.: EN ISO 9241-10.
- JØRGENSEN A.H. (1989), « Using the Thinking-Aloud Method in System Development, in G. SALVENDY et M.J. SMITH (dir.), « Designing and Using Human-Computer Interfaces and Knowledge Based Systems », *Proceedings of HCI International 89*, vol. 2., Amsterdam, Elsevier, p. 743-750.
- KARAT C.M., CAMPBELL R., FIEGEL T. (1992), « Comparison of Empirical Testing and Walkthrough Methods in User Interface Evaluation », *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, New York, ACM Press, p. 397-404.

- KARSENTY L. (2000), *MECI : une méthode d'explicitation des modèles de l'utilisateur implicites*, Actes de la conférence ERGO-IHM'2000, Biarritz, 3-6 octobre.
- (2001), « Adapting Verbal Protocol Methods to Investigate Speech Systems Use », *Applied Ergonomics*, 32, 1, p. 15-22.
- (2002), « Shifting the Design Philosophy of Spoken Natural Language Dialogue: From Invisible to Transparent Systems », *International Journal of Speech Technology*, 5, 2, p. 147-158.
- KIERAS D.E., POLSON P.G. (1985), « An Approach to the Formal Analysis of User Complexity », *International Journal of Man-Machine Studies*, 22, p. 365-394.
- LEWIS C., WHARTON C. (1997), « Cognitive Walkthroughs », in M. HELANDER, T. LANDAUER, P. PRABHU (dir.), *Handbook of Human-Computer Interaction*, Amsterdam, Elsevier, 2^e édition, p. 717-732.
- MACKAY W.E. et FAYARD A.L. (1997), « HCI, Natural Science and Design: A Framework for Triangulation Across Disciplines », in *Proceedings of DIS'97, Designing Interactive Systems*, New York, ACM Press, p. 223-234.
- NIELSEN J., MACK R.L. (1994), *Usability inspection methods*, New York, Wiley.
- NIELSEN J., MOLICH R. (1990), « Heuristic Evaluation of User Interfaces », *Proceedings of CHI'90* New York, ACM Press, p. 249-256.
- NORMAN D., DRAPER S. (1986), *User Centered System Design*, Hillsdale, New Jersey, Erlbaum & Associates.
- NORMAN D. (1988), *The Psychology of Everyday Things*, New York, Basic Books.
- PAYNE S.J., GREEN T.R.G (1986), « Task Action Grammars: A Model of the Mental Representation of Task Language », *Human Computer Interaction*, 2, p. 93-133.
- POLLIER A. (1992), « Évaluation d'une interface par des ergonomes : diagnostics et stratégies », *Le Travail Humain*, 55, 1, p. 71-96.
- POLSON P.G., LEWIS C., RIEMAN J., WHARTON C. (1992), « Cognitive Walkthroughs: A Method for Theory-Based Evaluation of User Interfaces », *International Journal of Man-Machine Studies*, 36, p. 741-773.
- RASMUSSEN J. (1986), *Information Processing and Human-Machine Interaction: An Approach to Cognitive Engineering*, Amsterdam, North Holland.
- SPÉRADIO J.-C. (dir.) (1993), *L'Ergonomie dans la conception des projets informatiques*, Toulouse, Octarès.
- VANDERDONCKT J. (1994), *Guide ergonomique des interfaces homme-machine*, Namur, Presses universitaires de Namur.