

Adapter ou uniformiser les interactions personnes-systèmes ?

To adapt or standardize the human-computer interactions?

Marc-Eric BOBILLIER-CHAUMON (1), Sarah CARVALLO (2),
Franck TARPIN-BERNARD (3), Jacqueline VACHERAND-REVEL (2)

(1) ICTT, Université Lyon 2, France
marc-eric.bobillier-chaumon@univ-lyon2.fr

(2) ICTT, Ecole Centrale de Lyon, France
Sarah.Carvallo@ec-lyon.fr, Jacqueline.Vacherand-Revel@ec-lyon.fr

(3) ICTT, INSA de Lyon, France
Franck.Tarpin-Bernard@insa-lyon.fr

Résumé. Dans un contexte de multiplication des techniques d'adaptation des interactions personnes-systèmes, cet article propose une synthèse de différents points de vue disciplinaires pour identifier les avantages et inconvénients de l'adaptation et de son opposé apparent, l'uniformisation, ceci afin d'aider les concepteurs de systèmes interactifs à éviter certains pièges. La conceptualisation de l'interaction homme-machine et l'étude des usages de différents outils, standardisés ou adaptés, au sein d'organisations permettent de soulever des problèmes sociaux et humains, qui expliquent le succès ou l'échec de telle ou telle voie de développement. Un état de l'art des techniques d'adaptation révèle la complexité des paramètres à concilier lors d'un choix de conception et suggère des choix à privilégier ainsi que des précautions à prendre. Des pistes de réflexion sont proposées pour la mise en œuvre d'un équilibre entre uniformisation et adaptation.

Mots-clés. Interfaces adaptatives, uniformisation, adaptation, conceptualisation de l'interaction homme-machine.

Abstract. In a context of multiplication of human-computer interactions (HCI) adaptation techniques, this article proposes a synthesis from various disciplinary points of view to identify the advantages and disadvantages of the adaptation and of its apparent opposite, the standardization, in order to help interactive systems designers to avoid some traps. The conceptualization of the HCI and the study of the uses of various tools, standardized or adapted, within organizations make it possible to raise social and human problems, which explain the success or the failure of some ways of development. A state of the art of the adaptation techniques reveals the complexity of the parameters to be reconciled at the time of a design decision and suggests choices to be privileged as well as precautions to take. Some suggestions are proposed for balancing between standardization and adaptation.

Keywords. Adaptive Interfaces, standardization, adaptation, human-computer interaction conceptualization

1 Introduction

La production et la conception informatiques hésitent entre deux tendances. L'une consiste à uniformiser/standardiser son matériel et ses logiciels et en particulier leurs Interfaces Homme-Machine, afin de garantir simultanément la cohésion des pratiques et la cohérence du parc informatique. L'autre consiste à adapter le matériel et les logiciels à l'utilisateur et son environnement selon ses besoins et le contexte d'utilisation. L'adaptation et la standardisation forment un couple, dont on ne peut séparer les termes toujours en tension : l'histoire informatique se ponctue d'allers et retours vers plus d'uniformité ou plus de singularité. Après une phase marquée par l'uniformisation, la conception s'oriente actuellement vers plus de flexibilité. Dans un contexte industriel qui tend à la normalisation, elle s'efforce de trouver les critères pertinents susceptibles de réguler l'adaptation, sans compliquer outre mesure la production tout en maximisant ses avantages et limitant ses effets négatifs. Evidemment, le choix final du type de produit informatique ne peut émaner de la considération d'une seule dimension, mais résulte de la pondération de divers facteurs : techniques, commerciaux, sociaux, industriels, psychologiques. Plus profondément, le terme « adapter » révèle une polysémie irréductible : le sens de l'adaptation varie selon les objets sur lesquels elle porte et selon les points de vue. Adapter l'interface ou le noyau fonctionnel, adapter la machine aux profils de l'utilisateur ou aux tâches, adapter les modèles ne correspondent pas aux mêmes réalités ; l'Interaction Homme-Machine (IHM), le génie logiciel, la psychologie, la sociologie offrent encore autant de points de vue sur la dialectique entre uniformiser et adapter, sans qu'un consensus clair ne s'établisse. De même, la standardisation s'applique à la production matérielle, aux différentes couches des logiciels, aux usagers comme tendance à l'uniformisation, sans qu'un concept unique ne se dégage.

C'est pourquoi cet article propose une synthèse de plusieurs points de vue disciplinaires autour de la question de l'adaptation. En confrontant nos expertises respectives (psychologie du travail, philosophie, informatique et psychologie cognitive), nous étudions le paysage contemporain de la conception de cet objet technique si particulier qu'est l'ordinateur avec ses dispositifs d'interaction. Dans la première partie, nous montrons que bien que le dilemme entre l'adaptation et la standardisation ne soit pas propre à l'informatique, de par la puissance et les potentialités de l'ordinateur, mais aussi de par sa diffusion qui recouvre désormais tous les champs de la vie sociale, l'informatique dépasse l'alternative classique. En effet, la malléabilité, qui caractérise les systèmes interactifs par rapport aux autres machines, induit un développement singulier. Elle suscite en outre une autre conception de l'usager, ainsi qu'une relation originale entre le concepteur, l'usager et la machine. Dans la deuxième partie de l'article, nous détaillons les enjeux théoriques et organisationnels de l'adaptation en analysant l'évolution historique des idées et en soulignant l'importance de la conceptualisation de l'utilisateur comme acteur situé et incarné. Ceci nous conduit à jeter un regard pluridisciplinaire sur les différents niveaux d'adaptation dont nous montrons qu'ils ne sont pas toujours équivalents selon que l'on adopte un point de vue technologique, psychologique ou organisationnel. La dernière partie de l'article est consacrée aux conséquences sur les orientations contemporaines de la conception informatique et en particulier des interactions personnes-machines. Nous détaillons les différentes facettes de l'adaptation et identifions les forces et faiblesses de certaines approches. Le compromis entre adaptation et uniformisation doit fréquemment être trouvé tant ces deux notions s'avèrent indissociables.

2 Continuité ou rupture de la tradition technologique, et en particulier informatique ?

2.1. La problématique générale de la technique : ésotérisme ou exotérisme ?

Choisir entre l'adaptation ou l'uniformisation ne relève pas d'une décision propre à l'IHM, ni même à l'informatique ; elle caractérise plus généralement une certaine attitude face à l'outil technique et un enjeu pour une société donnée. Précisons. Soit l'outil demeure singulier : l'alchimiste se retirant dans le secret de son laboratoire, ou l'informaticien configurant et programmant son ordinateur à sa guise, de sorte que sa machine devienne impossible à utiliser par une tierce personne ; dans ce cas, la technique se perd avec son utilisateur. La technique demeure ésotérique. Soit l'outil devient général, il devient un artefact social qui fonde une communauté d'utilisateurs ; la technique devient exotérique. Portée à l'extrême, cette généralisation construit la culture de masse, où chacun effectue les mêmes gestes sur les mêmes objets, quoique dans des buts différents ; dans ce contexte, la technique devient un instrument, porteur de valeurs, de codes, de pratiques et d'enjeux partagés et acceptés par le plus grand nombre.

Historiquement, cette culture de masse devient possible avec la révolution industrielle, lorsque les usines peuvent et doivent produire intensivement une même chose dans un souci de performance et de rentabilité. Cette nouvelle injonction économique induit une conception de l'objet, comme un exemplaire parmi tant d'autres. Cette standardisation de la production va de pair avec la propagation de la démocratie ; comme l'ont montré Hannah Arendt (1972, 2002), Ernst Jünger (1932) ou Paul Ricœur (1987) dans des contextes politiques différents, elle modifie profondément les manières de travailler et consommer. Elle rend possible le totalitarisme et elle favorise l'individualisme, rapprochant ainsi de façon étrange ces deux types politiques, qu'on distingue habituellement mais qui se ressemblent pourtant, le libéralisme et le totalitarisme. Elle inaugure une nouvelle forme de société (Touraine, 1997). Elle impose une nouvelle logique de l'utilisateur, qui se conforme au modèle général que lui propose son environnement et s'identifie à un prêt à porter, comme à un prêt à penser, prêt à vivre de façon générale, rentrant plus ou moins facilement dans le cadre proposé par les sociétés contemporaines.

Développé depuis la deuxième guerre mondiale, l'ordinateur est passé d'un statut très spécialisé à un produit de masse. Conçu comme une solution à un problème théorique par Alan Turing, inventé dans un contexte militaire par J. von Neumann, l'ordinateur se banalise à présent comme un objet de consommation parmi d'autres. Cette transition d'un usage très spécifique à un emploi très commun fut même revendiquée comme un droit et un critère du progrès social dans les années 1970 à San Francisco et Berkeley : une communauté informatique inaugure alors un projet politique « Resource one » autour de l'ordinateur, associant étroitement l'outil et la démocratie ; un second projet naît à partir de 1973 pour réaliser « une démocratie directe en matière d'information » et constituer une mémoire collective « Community Memory » (Breton, 1990).

En ce qui concerne l'informatique, le choix de la standardisation s'est donc imposé très rapidement, et nous vivons dans l'ère du standard, encouragée par des stratégies de monopole qui se déclinent au niveau du matériel, du langage et des logiciels. Cependant, la question demeure de savoir jusqu'où standardiser et par voie de conséquence uniformiser. De sa réponse dépendent l'avenir de l'informatique, et sans doute par incidence la société de demain.

Un renversement historique

Aujourd'hui, l'antagonisme entre standardiser et adapter devient plus nuancé, et la frontière entre les deux n'est pas si simple à définir. Les accusations de monopole portées à l'égard de Microsoft l'ont montré ; les usages divergents le rappellent ; la diversité des besoins professionnels et personnels le soulignent ; le conflit permanent entre, d'une part, l'organisation et le contrôle émanant des directions industrielles, et, d'autre part, la ré-appropriation et la personnalisation par les salariés l'illustrent ; l'intensification du réseau toilé avec ses dysfonctionnements et virus le signale : à tout standardiser, l'ordinateur se sclérose et les pratiques contournent son uniformisation. Il faut donc recréer des espaces de liberté pour répondre à des attentes diverses, même dans un contexte de consommation de masse. Au-delà des enjeux commerciaux, ces blocages révèlent sans doute une caractéristique de l'action humaine que nous analyserons dans la deuxième partie. Les réflexions amorcées sur l'ajustement culturel des sites Web illustrent cette tendance (Nielsen, 2000) : la nécessité de concilier ces deux obligations de standardisation et adaptation dépend largement de l'usage informatique, usage qui ne se limite pas seulement à un aspect technique, mais aussi à une signification sociale et organisationnelle. Cette double inscription de l'usage définit alors l'ordinateur comme quasi – objet.

Les objets standards caractérisent une culture de masse et une société de consommation ; ils définissent exactement des objets sociaux ou quasi – objets (Serres, 1985), puisqu'ils ne valent pas directement pour eux-mêmes selon leur valeur d'usage, mais d'abord selon leur valeur d'échange. Ce qui compte n'est pas ce qu'ils sont, mais ce qui se joue autour et à travers eux, à leur occasion. En effet, avant leur usure ou leur utilisation, tous ces objets sont directement échangeables entre eux. Ils naissent de l'échange qui se cristallise en eux. Leur fonction ne consiste pas tant à être consommés pour eux-mêmes qu'à prouver que leur propriétaire participe à un jeu social qui s'avère décisif pour attester son identité et son appartenance à telle communauté, sa valeur ne consiste pas dans son utilité directe, mais dans le signe d'appartenance qu'il incarne. Cet objet devient à peine une chose, mais surtout un support à des échanges identitaires. Par conséquent, l'enjeu de la standardisation ne dépend pas seulement de facteurs extrinsèques (par exemple, commerciaux), mais surtout de logiques sociales qui se cristallisent autour d'identifications ou de différenciations inter-individuelles.

Le quasi-objet révèle plus essentiellement la nature sociale du rapport à l'informatique, la construction d'une communauté autour d'objets identiques. La question de l'uniformisation ou de l'adaptation ouvre donc nécessairement à une dimension politique de l'usage : cette question invite même à se demander, si le souci d'adaptation actuel ne masque pas en réalité une forme de standardisation plus subtile, mais plus efficace et plus profonde encore que celle que nous connaissons jusqu'à présent. Le dilemme technique entre uniformisation et adaptation suscite nécessairement une interrogation sur l'utilisateur, membre d'une ou plusieurs organisations et consommateur social. Il s'agit alors de savoir à quel niveau standardiser ou adapter ; pourquoi et comment implémenter le choix ; à quel moment et dans quelle optique intervient le concepteur ; comment et pourquoi impliquer l'utilisateur ? La réponse à ces questions déterminera la spécificité de l'outil informatique ; elle révélera en outre le type de culture qu'il favorise, en explicitant le « social design » que l'individu, concepteur et/ou utilisateur du système, inscrit dans le dispositif.

Cette tension entre une uniformisation effrénée et une adaptation la plus singulière possible s'avère manifeste en informatique, mais elle caractérise sans doute plus profondément une rupture culturelle entre l'accès à la technique par tous et pour

tous (standardisation et production de masse) et la spécification de système aux besoins et à la logique des individus (privilégier la qualité, plutôt que la quantité par l'adaptabilité). Entre ces deux extrêmes, différentes alternatives sont possibles : elles dépendent de l'utilisateur, du niveau technique d'intervention, de l'évolution dynamique du système dans un environnement et de nombreux autres facteurs, notamment économiques.

2.2. Une illustration

Pour mieux comprendre les rapports complexes que techniques (uniformisées ou adaptées) et usages (de masse ou personnalisés) entretiennent en informatique, nous choisissons de nous pencher sur l'évolution des environnements et des pratiques de conception et développement de logiciels. Dans ce contexte, les utilisateurs des systèmes informatiques sont des développeurs. Ils sont donc des utilisateurs très particuliers, mais ce secteur d'activité présente l'énorme avantage d'être celui présentant le plus long passé dans le domaine informatique. Un rapide survol¹ chronologique des évolutions qui ont marqué son histoire peut permettre de montrer comment différents types d'exigence (*venant des aléas techniques, des contraintes d'usage, des besoins des usagers finaux ou encore d'une pression socio-économique*) ont pu rythmer les allers-retours entre la standardisation et l'adaptation des dispositifs technologiques (Cf. Tableau 1).

	Informatique "pionnière"	Informatique "industrielle"	Informatique "moderne"
Exigences des environnements de développement	Complexité des environnements techniques destinés à des "experts"	Simplification des environnements de conception proposés à des autodidactes	Environnements compatibles avec l'univers cognitif des informaticiens
Contraintes d'usages	Pouvoir expérimenter, tester et faire évoluer les outils	Pouvoir s'approprier facilement les outils et concevoir rapidement	Permettre le retour à certaines formes de créativité et d'innovation dans un environnement "ouvert"
Besoins des usagers finaux (Utilisateurs non informaticiens)	Non pris en compte	Disposer rapidement d'applications de "production"	Interagir avec des applications utilisables
Pression socio-économique	Enjeux essentiellement de recherche et militaire	Optimiser et rationaliser la "production" informatique et "discipliner" l'informaticien	Répondre aux exigences des utilisateurs
Tendance	"Adaptation" statique par le développeur de son environnement	Uniformisation des outils par l'organisation	Recherche d'un équilibre entre adaptation et uniformisation

Tableau 1. *Trois approches des environnements de développement informatique*

¹ Cette présentation ne saurait être exhaustive d'un point de vue historique et technologique. Les innovations que nous exposons ont pour but d'illustrer certaines évolutions socio-techniques auxquelles le domaine informatique a pu être confronté.

D'abord, une exigence d'appropriation et d'innovation par l'adaptation des environnements techniques :

Les premiers systèmes informatiques employés se révélaient complexes (Eniac, Colossus, Mark 1). Ils étaient réservés à une "élite" qui cherchait à contrôler ces dispositifs pour mieux les ajuster à leurs besoins et les faire progresser. Les programmeurs présentaient ainsi de nombreuses caractéristiques avec l'archétype du chercheur : connaissances techniques approfondies, apprentissage constant, mais aussi un certain isolement dans la tâche (Fischer, 1991). C'était une technique de spécialistes destinée à des spécialistes. Dans quelques grandes entreprises, cette informatique balbutiante (Univac 1107, Iris 80 ou CDC 6600) restait également assez "artisanale" dans le sens où ses méthodes et ses techniques étaient encore peu formalisées et relevaient d'un savoir-faire particulier. Elle ne se posait pas encore la question de l'usage et de l'utilisateur. Les systèmes étaient développés en fonction des contraintes de la machine et le concepteur pensait pour l'utilisateur. Les systèmes devaient donc être encore suffisamment transformables pour permettre aux informaticiens de mettre en avant leur talent de concepteur. D'une certaine manière, le succès et l'adoption de ces technologies dépendaient de la capacité avec laquelle l'informaticien pouvait accommoder le système à sa logique et à ses exigences de développement. Cette forme d'adaptation statique reposait sur une reprogrammation des environnements.

Ensuite, une exigence de production et de supervision par la standardisation des environnements techniques :

La diffusion massive de l'informatique à toutes les sphères de l'entreprise marque le début d'une nouvelle ère de la conception centrée sur la standardisation à la fois des environnements de développement informatique et des applications destinées aux utilisateurs finaux. Cette "normalisation" technique s'explique principalement par deux raisons.

En premier lieu, elle est la réponse à la trop grande autonomie dont avaient bénéficié les informaticiens jusqu'alors : ils représentaient une sorte de caste d'experts au sein même de l'entreprise se reconnaissant entre eux par des signes distinctifs (langages techniques, formations communes...), communiquant peu avec les autres et défendant souvent des objectifs différents de ceux de l'entreprise (davantage axés sur les recherches et les découvertes que sur la productivité et le profit de l'entreprise). La complexité des systèmes informatiques finissait par verrouiller le système en étant l'instrument de légitimation du pouvoir des informaticiens dans l'entreprise. Comme l'indiquent Lacroix & Burnier (1995, p. 44), associer habilement un changement organisationnel avec un déterminisme technologique (imposé par l'outil informatique) présente "*l'avantage de dissoudre le politique dans le jeu des contraintes techniques et de canaliser l'initiative individuelle en la maintenant à l'intérieur des espaces normés, encadrés par les programmes*". En d'autres termes, on cherche à "discipliner" les informaticiens par l'intermédiaire de systèmes plus standards, qui leur laissent moins de marge de manœuvre.

En second lieu, l'uniformisation des environnements de conception s'inscrit dans un vaste processus d'industrialisation qui vise à rationaliser² l'activité de conception par la mise en place de méthodes et d'outils structurés et structurant

² Le découpage des tâches marque la spécialisation des compétences et la parcellisation de l'activité, conduisant à une séparation entre analystes et programmeurs, entre concepteurs et réalisateurs.

(AGL)³ qui limitent les digressions des informaticiens et balisent leur développement. En effet, face aux besoins pressants des différents secteurs de l'entreprise, il s'agit d'atteindre très rapidement un développement de masse tout en réduisant les coûts de conception par la réutilisation de briques informatiques (Delmond, 1995). Cette informatique standardisée devient l'une des composantes stratégiques de l'essor et de la compétitivité des entreprises (Bobillier Chaumon, 1998) : il faut concevoir plus, plus vite au moindre coût et avec du personnel pas toujours qualifié (par manque de formation professionnalisante). Pour ces raisons, les environnements informatiques standardisés offrent à l'époque un bon compromis : rapidement implémentables, facilement maintenables et accessibles au plus grand nombre avec des coûts de formation réduits.

Du côté des usagers finaux, les concepteurs tendent à standardiser les interfaces afin que les utilisateurs acquièrent des automatismes professionnels et que l'apprentissage soit facilité. De plus, en réduisant leurs marges de manœuvre, on simplifie aussi la configuration du logiciel et sa maintenance. Mais cette période voit également apparaître les premiers logiciels intégrant dans leur interface des modes experts et débutants, qui cherchent à adapter la complexité de l'interaction personne-machine en fonction des compétences de cet usager. Le concepteur identifie un nombre limité de profils d'utilisateurs et définit des interfaces pré-adaptées pour ces usagers prototypiques. Ceci constitue un premier niveau d'adaptation que l'on pourrait qualifier de statique.

Enfin, une exigence de diffusion par une adaptation "contrôlée" des environnements techniques :

Une troisième approche inscrit les systèmes informatiques dans une nouvelle phase d'ouverture en réponse aux besoins d'un "marché" qui réclame des espaces de travail et d'expression plus importants et des possibilités d'usage plus nombreuses et variées.

Ainsi, sous la pression des usagers finaux qui veulent retrouver la qualité ergonomique de leur ordinateur personnel, la convivialité pénètre dans l'informatique de l'entreprise. De nouveaux environnements de programmation (interface graphique, manipulation directe, choix de scénarii de conception...) vont offrir la possibilité aux informaticiens de développer ces applications interactives et graphiques. Ces langages de quatrième génération (L4G) fournissent une assez grande autonomie dans le choix des moyens et de la démarche de conception.

Le "paradigme" de conception des applications informatiques subit lui aussi un glissement radical. Il ne s'agit plus de prédéterminer les scénarii d'interaction des systèmes standards auxquels l'utilisateur devra se soumettre. Les applications développées reposent dorénavant sur ce que Brangier (2000) appelle une « machine indéterminée » : c'est seulement une fois le système lancé qu'il acquiert ses possibilités d'usages, compte tenu des ambitions, des compétences et des activités de l'utilisateur. De ce point de vue, *"élaborer des applications [revient à] concevoir ce que les gens vont en faire, c'est penser les usages"* (p 37). Ainsi, l'important n'est plus alors de tendre vers une performance technologique, mais de pouvoir intégrer, dès la conception, la capacité de l'homme à en faire usage. Et seuls des environnements de conception

³ A l'époque, ces Ateliers de Génie Logiciel (AGL) sont reliés à des architectures site central. Ils sont communs à l'ensemble des informaticiens, c'est-à-dire qu'il est quasi-impossible de les modifier ou de les ajuster aux particularités de la tâche ou de son utilisateur. Un canevas de conception prescrit les différentes étapes de conception et détermine les lignes de codes à développer selon des stades de développement prédéfinis. C'est l'interface normalisée qui guide l'informaticien dans son activité.

suffisamment souples et adaptables, compatibles avec les univers cognitifs des informaticiens, ont pu favoriser cette nouvelle approche de la conception (comme par exemple l'environnement intégré Smalltalk qui proposait, en plus d'outils paramétrables, une logique de conception événementielle et un langage orienté objet ou bien encore toutes les tentatives pour faire des stations de travail entièrement ouvertes au travers d'un système LISP).

Dans le même temps, les interfaces paramétrables apparaissent à une grande échelle dans l'entreprise. L'utilisateur final se voit proposer par le concepteur un large choix de paramètres de configuration. Ces choix peuvent être esthétiques (couleurs, image de fond, polices de caractères) ou pratiques (icônes de raccourcis sur le bureau, organisation de palettes d'outils, etc.). On parle alors de logiciels adaptables ou configurables. L'adaptation devient dynamique, c'est-à-dire qu'elle a lieu pendant l'exécution du programme, mais demeure entièrement sous le contrôle de l'utilisateur, qui organise à son gré son environnement de travail et ses outils. Mais cette évolution n'est pas sans poser problème dans les organisations, car tous les postes deviennent différents. Cette diversité rend alors difficile l'intervention d'équipes de maintenance lorsqu'un problème surgit. Et plus les degrés de liberté proposés par le concepteur sont importants, plus la configuration du logiciel se révèle complexe.

En outre, la puissance des machines évoluant toujours selon une loi exponentielle, l'interaction personne-machine gagne de nouveaux degrés de liberté. Poussées à leur extrême, des techniques dites auto-adaptatives permettent au logiciel de se re-configurer tout seul en fonction du profil et des actions de l'utilisateur, sans que les utilisateurs aient conscience de ces opérations, ce qui peut bien sûr poser un certain nombre de problèmes. Dans la troisième partie de cet article, nous détaillerons les formes que peut prendre l'adaptation et les techniques sous-jacentes. Notons d'ores et déjà que ces techniques sont prometteuses mais critiques, car l'utilisateur ne supporte pas, à juste titre, de subir les effets d'une mauvaise décision du système qui pensant bien faire, aboutit finalement au résultat inverse. Ceci pose donc des problèmes d'acceptabilité.

2.3. L'informatique comme artefact

La confrontation entre la récente histoire des ordinateurs et la logique générale de l'évolution des objets techniques souligne à quel point l'informatique offre le paradigme parfait du phénomène technique contemporain, tel que le décrit par exemple Jacques Ellul (1977). En effet, l'informatique cristallise un certain nombre de critères. En premier lieu, la solution informatique s'impose de plus en plus face à toute autre option possible (qu'il s'agisse du courrier, de l'organisation du travail ou des loisirs). Par ailleurs, le phénomène informatique envahit progressivement toutes les sphères de l'existence. Il est par conséquent « total », non seulement par ses domaines d'applications, mais aussi parce qu'on ne peut plus éviter d'y avoir recours ; il constitue le médiateur obligé pour des actions très diverses. En outre, il est « universel » non seulement par sa diffusion géographique, mais aussi par sa capacité à supplanter d'autres techniques ou d'autres pratiques, selon la logique de nivellement coutumière induite par une consommation de masse. Ainsi l'ordinateur structure de plus en plus les pratiques et la culture, comme l'indiquait déjà la traduction française du terme "computer" en "ordinateur", mot que les Médiévaux réservaient à Dieu, dispensateur d'ordre.

L'informatique met en ordre les rapports sociaux : elle agit à deux niveaux, explicite et implicite. Explicitement, elle structure les réseaux, elle organise des relations de pouvoirs dans les organisations, elle distingue les experts et les profanes, etc. : cette structuration se manifeste à travers des institutions, dont la plus évidente est la communauté des informaticiens, groupe social et bientôt professionnel qui se

constitue dans les années 1980, simultanément dans les contextes universitaire et industriel, dont nulle organisation ne pourrait songer à se dispenser aujourd'hui. Implicitement, l'informatique modifie la place des individus dans les groupes sociaux, elle participe au mouvement de contrôle social en imposant des contraintes de plus en plus étendues sur les comportements individuels ou collectifs, privés ou professionnels.

Dans ses études sur la prison ou l'hôpital, Foucault (1994) souligne la stratification des enjeux de mise en ordre : les institutions et leur justification correspondent à la face émergée de l'iceberg, mais les véritables lieux de pouvoirs restent cachés. Car le contrôle social, via le droit ou la médicalisation, s'exerce d'autant plus efficacement qu'il joue au niveau non-institutionnel des relations sociales. Cette remarque peut se transposer à l'informatique, comme mise en ordre de la société à deux niveaux : les réseaux apparents, les contraintes implicites. On ne peut prétendre résoudre les questions du type de l'adaptation qui se posent au niveau apparent, sans tenir compte de la structuration sous-jacente qu'effectue l'informatique, aussi bien quant à sa justification qu'à ses effets sociaux. De fait, la technique informatique obéit à sa propre logique, elle rationalise, transforme et effectue ses tâches sans introduire aucun jugement critique sur ses opérations ; du coup, elle contraint et structure en profondeur les usages. Ainsi l'adaptation apparente de l'informatique à l'utilisateur révèle parfois un impérialisme de la technique, qui peut servir des vocations dépassant largement la conscience individuelle de l'utilisateur ou du concepteur. L'étude des réseaux informatiques dans les entreprises montre par exemple le contrôle que cherchent parfois à introduire les directions à travers l'appareillage logiciel.

Par conséquent, l'informatique ne se réduit pas à un simple outil ou instrument, mais elle constitue à part entière un artefact. Elle s'inscrit en effet dans des activités, dont les significations humaines et sociales dépendent de la façon dont elles médiatisent l'usage. Ce positionnement oblige, d'une part, à ne plus considérer les ordinateurs comme des moyens individuels – car ils ont une signification incorporée dans une pratique sociale –, et, d'autre part, à prendre en compte l'environnement (social, technique, organisationnel, intellectuel, etc.) de la relation entre l'être humain (utilisateur ou concepteur) et la machine (ou le réseau de machines).

3 Enjeux théoriques et organisationnels de l'adaptation

Appréhender l'adaptation des technologies, c'est aborder aussi le rapport de l'individu aux dispositifs qui, d'une certaine manière, le déterminent mais qu'il structure en retour également. Cette dialectique s'effectue en premier lieu par les différentes conceptualisations de l'être humain (de l'être exclusivement cognitif à la réhabilitation de sa corporéité et de sa socialité) avec en corollaire diverses conceptualisations de la technique (de la « machine intelligente » qui peut exister indépendamment de l'homme à l'artefact) qui ont pu, soit préfigurer, soit configurer, des modèles de l'interaction personne-machine. Nous verrons aussi que cette dialectique recouvre également les problèmes d'acceptation posés par l'insertion des systèmes d'information dans les organisations et plus généralement, par les changements et/ou les régulations que ces technologies peuvent induire dans les différentes sphères d'une organisation.

3.1. Les modèles de l'interaction entre l'humain et la machine

A ce stade de l'exposé, il nous semble utile de nous arrêter sur les principaux modèles de l'interaction. En retraçant quelques moments clés dans l'évolution des idées et en insistant sur les ruptures épistémologiques nous montrons comment

différentes influences théoriques déterminent leurs orientations pour la conception de nouveaux dispositifs. Selon les conceptualisations spécifiques de l'humain et de la technique que ces modèles forgent ou portent implicitement, des orientations de conception contrastées peuvent être relevées en offrant des arguments en faveur de l'uniformisation ou de différents niveaux d'adaptation.

Logicocentrisme et technocentrisme : à la recherche d'invariants cognitifs

Dans le début des années 80 avec la diffusion massive de la micro-informatique des problèmes sociétaux inédits sont soulevés par l'apprentissage et l'utilisation de systèmes informatiques par une population non spécialisée. A cette époque, la pénétration des sciences cognitives dans l'actualité intellectuelle est avérée (Gardner, 1993) et concomitante du développement du champ des IHM. Dans ce contexte, l'hégémonie « computo-représentationnelle » de la cognition, a largement orienté la recherche en IHM en constituant dans un premier temps un plan d'intelligibilité unique puis un point de référence pour situer les alternatives qui sont nées à partir de l'identification de ses limites. Connue sous le nom de paradigme « cognitiviste » de Système de Traitement de l'Information (STI) (Demailly & Le Moigne, 1986), il souligne l'équivalence forte entre les processus cognitifs et le fonctionnement de l'ordinateur comme traitement de l'information. Le cognitivisme propose une explication du comportement humain qui peut se ramener à des structures formelles. La cognition est alors définie comme le traitement de représentations logico-symboliques. La matérialité des supports physiques de ces représentations est considérée comme neutre ou indifférente, elle ne conditionne donc pas la cognition, en excluant notamment la complexité biophysique interne du cerveau au profit d'un « langage de la pensée » défini comme inné ou individuel (Fodor, 83). Ce qui signifie que toute activité cognitive est linguistique mais ce langage, désigné comme « langage naturel » est profondément mutilé car il fait abstraction de sa nature sociale. Sont alors exclues de la cognition les activités dont le langage est absent, les modes d'organisation propres à l'extériorité physique, psychique ou sociale (Lassègue & Vissetti, 2002).

Ce paradigme STI a contribué à l'élaboration de modèles de l'interaction. Parmi ces « modèles opératoires », citons GOMS (Goals, Operators, Methods, Selection rules ; Card, Moran & Newell, 1983), le modèle des quatre niveaux de Foley *et al.* (1990), ou encore le modèle formel TAG (Task, Action Grammar ; Payne & Green, 1986). Ils abordent l'interaction comme une série d'actes séquentiels régis par une stricte définition de la tâche. S'ils ont beaucoup apporté à l'époque, ces modèles ont en commun d'être essentiellement prédictifs et quantitatifs en traitant de la seule performance de l'utilisateur et offrent ainsi une conception réductrice de la tâche et de l'activité, le plus souvent étudiées en laboratoire. Le cadre de compréhension de l'interaction est celui de la résolution de problèmes (Newell & Simon, 1972), définie par le paradigme cognitiviste comme une fonction cognitive fondamentale qui permet, face à une situation nouvelle, de découvrir l'enchaînement des opérations et traitements à effectuer pour aboutir à une solution. C'est pourquoi ces modèles conçoivent l'action comme un comportement orienté vers un but ou contrôlé par un état désiré. Ils adoptent alors une vue normative de l'action dans laquelle la planification occupe une place centrale (Hoc, 1987). Cette planification repose sur la construction et l'utilisation de représentations anticipatrices hiérarchisées qui permettent de guider l'activité. Le plan joue alors à l'égard de l'organisme le même rôle qu'un programme à l'égard d'un ordinateur. Cette définition suppose tacitement qu'un utilisateur met en œuvre une méthode unique pour chaque but, et, que l'action est déterminée non par le contexte de l'interaction mais par le seul but (Bannon *et al.*, 1993). Dans ces conditions, les aspects de l'action humaine pris en charge se

réduisent à la gestion séquentielle des stratégies d'opérations (transformations d'un état initial à un état final) en fonction de buts pré-établis et de rétroactions limitées en terme de contrôle de l'action (Linard, 1996). Ces modèles sont également basés sur le primat des états représentationnels internes à l'utilisateur et seule la dimension mentale semble sollicitée pour utiliser un système informatique. La connaissance est alors identifiée au raisonnement, activité mentale délibérée et réfléchie. Les aspects sociaux et expérientiels de la cognition sont totalement évacués.

Dans ces conditions, comment pense-t-on la relation humain-machine, et, quel est le statut accordé au système informatique ? Si l'entité naturelle (l'utilisateur) et l'entité artificielle (parce que construite) sont clairement opposées, les mêmes descriptifs sont néanmoins utilisés. La pensée humaine ainsi réduite à une manipulation de symboles vides de sens est alors de même nature que la « pensée artificielle » et rien ne s'oppose à ce que l'être humain et la machine soient appréhendés dans des termes équivalents.

De nombreuses critiques ont été adressées à l'Intelligence Artificielle et par voie de conséquence au cognitivisme. Les plus virulentes furent sans doute celles du philosophe Dreyfus (1984) qui pronostiquait l'échec du projet rationaliste et technologique de l'Intelligence Artificielle (IA) de l'époque à partir d'une ligne argumentative qui opposait la nature pré-objectivée et formaliste des représentations de l'IA aux structures majeures de l'être-au-monde humain décrit dans la tradition phénoménologique (Heidegger, Husserl, Merleau-Ponty). Retenons l'insistance sur trois secteurs négligés de la simulation cognitive et de l'IA clé de toute conduite intelligente : « *le rôle joué par le corps qui confère à notre expérience un ordre et une unité, le rôle de la situation, qui fournit l'arrière-plan sur le fond duquel le comportement peut s'ordonner sans pour autant obéir à des règles, et pour finir le rôle des intentions et des besoins humains, qui orientent la lecture de la situation, de manière que certains objets soient perçus comme pertinents et accessibles* » (p. 299). Signalons que sans remettre profondément en cause l'idée de traitement de l'information, le connexionnisme s'est attaché à répondre au manque de réalisme biologique du paradigme symboliste en postulant l'existence de mécanismes parallèles, non syntaxique et non symboliques. Poursuivant la réflexion de Dreyfus par une critique de la représentation formelle, et soulignant l'absence de la composante sociale du traitement de l'information, Winograd et Florès (1986) proposent une approche de la conception centrée sur le vivant dans laquelle la machine doit apporter les ressources nécessaires à la situation d'action. Ils adoptent le paradigme de « l'enaction » développé par Varela (1989a, 1989b). Paradigme qui met au cœur de la connaissance l'action comme interaction bio-physique de l'esprit avec la nature. Searle (1992) soulignera l'exclusion de la conscience dans la description du fonctionnement de l'esprit.

Concrètement, le modèle cognitiviste même corrigé s'est traduit au niveau de l'interface notamment par la référence à deux métaphores censées éclairer la pratique en sollicitant le transfert de connaissances préexistantes chez l'utilisateur pour qu'il puisse agir dans un domaine nouveau (Sorensen *et al.*, 1992). La première métaphore est une « approche système », elle suppose explicitement que l'être humain fonctionne comme un ordinateur. L'utilisateur doit apprendre le langage technique et s'adapter à la logique de fonctionnement de l'interface, nous sommes ici typiquement dans le cas de la standardisation du système auquel l'individu doit se soumettre. La seconde métaphore est une « approche dialogue », elle suppose à l'inverse, que la machine fonctionne comme un humain. Travailler avec un ordinateur revient à interagir avec une autre personne, la machine acquiert le statut d'interlocuteur à part entière « capable » de comprendre les langages naturels. Dans ces deux approches, l'être humain et la machine sont pensés dans des termes équivalents, ce qui suppose

une fausse symétrie qui nous semble pernicieuse. Ces approches butent forcément sur l'écart entre l'hypothèse sous-jacente de similarité entre les deux entités, humaine et artificielle, et la réelle et profonde dissymétrie entre les deux.

Dans les voies de conception évoquées *supra*, l'utilisateur, pensé par référence ou par différence avec la technique, n'est qu'un simple composant du système personne-machine qui va traiter rationnellement des informations et devra se construire un modèle mental approprié de la situation d'utilisation. Parce qu'il est appréhendé comme un « facteur » additif et non un acteur (Bannon, 1991), nécessaire à la réalisation des tâches, ces dernières ne sont pas définies du point de vue de la personne, elles n'ont pas d'expression spécifique à son niveau.

L'interaction est prédéfinie et peut alors être considérée comme une transmission de données entre composants humain et informatique, considérés comme équivalents. Cette transmission devra être performante, sûre, rapide et le problème essentiel dans la conception devient alors l'allocation des tâches entre les deux entités pour le traitement des données. Les particularités propres à une situation singulière ne sont pas prises en considération (Landauer, 1991). De même les propriétés physiques de l'objet technique, ne sont pas pensées en tant que telles. Seules leurs dimensions informationnelles (extension des capacités de mémoire et traitement des symboles) sont considérées et non leur dimension manipulable (usage effectif auquel l'artefact se prête, contexte d'utilisation...) (Norman, 1991). Le choix technologique de la standardisation permet ainsi d'encadrer et de délimiter le champ de l'intervention humaine considérée comme peu efficace ou fiable (capacité limitée de traitement), trop coûteuse (charge mentale) ou trop risquée (erreurs humaines) (Rabardel, 1995). Pour cela, la recherche d'invariants cognitifs (en termes de raisonnement, de stratégies de catégorisation, de résolutions de problèmes, de mémorisation, de processus perceptuel, etc.) subséquente d'une description normative, mécaniste et rationaliste de l'action humaine, s'inscrit logiquement dans cette perspective d'uniformisation.

Introduire l'expérience de l'utilisateur dans l'interaction

Une première distanciation de l'approche « technocentrée » fut opérée avec les approches de l'interaction dites « centrées utilisateur », qui marquent un tournant décisif pour la conception des interfaces amenant l'utilisateur ordinaire au centre des préoccupations. Ces approches (Norman, 1986, Hutchins *et al.*, 1986) permettent d'appréhender les aspects qualitatifs de l'expérience de l'utilisateur et en particulier les aspects critiques de l'usage pour une meilleure adaptation des interfaces, difficultés jusque là largement occultées par un effet de centration sur la seule performance. Elles proposent l'expérience subjective de l'utilisateur comme critère de qualité de l'interaction et de conception des interfaces. Celui-ci doit pouvoir s'impliquer rationnellement et émotionnellement dans le contexte personnalisé d'une interface, qui non seulement doit être adaptée à ses besoins, mais également agréable à utiliser (Laurel 1986).

Avec cette visée (Norman 1986), l'interaction devient un processus dynamique d'actions où sept phases d'activités sont sollicitées (établissement d'un but, formation d'une intention, spécification d'une séquence d'action, exécution d'une action, perception de l'état du système, interprétation de l'état, évaluation du point de vue des buts et intentions). Au cours de ce processus, la divergence entre variables psychologiques et variables physiques du système utilisé peut s'exprimer par les difficultés de transpositions entre, d'une part, les intentions de l'utilisateur en actions admises par le système, et d'autre part, l'interprétation de l'état du système en fonction des attentes de l'utilisateur par rapport à ses buts et intentions. Il est également mis en évidence l'écart important existant entre "le modèle de conception" (modèle

conceptuel élaboré par les concepteurs du logiciel) et le “modèle de l'utilisateur” (modèle conceptuel du système formé par l'utilisateur). Cela souligne l'importance décisive d'accorder une réelle attention aux dimensions humaines dans la conception d'un logiciel et plus précisément à l'interface qui constitue pour l'utilisateur l'unique moyen d'accéder aux fonctionnalités du système, de se le représenter et d'y agir.

Ces approches ont pour héritage théorique les travaux en sciences cognitives mais elles s'en distinguent néanmoins par l'accent mis sur le processus dynamique de l'activité de l'utilisateur impliqué dans une tâche. Par ailleurs, elles ont le double mérite, d'une part, d'offrir une rupture avec une vision « technocentrée », et d'autre part, d'insister sur l'aspect qualitatif de la nature de l'interaction personne-machine, et non plus seulement sur l'aspect quantitatif éminemment réducteur. L'être humain n'est plus conceptualisé dans les termes mêmes de la technique, il retrouve une identité. La technologie est positionnée comme un outil au service de l'activité humaine, cette dernière étant placée au cœur de l'analyse. Il s'agit là d'un renversement stimulant dans la réflexion théorique, qui a permis un changement de perspective assez radical pour la conception des interfaces, qui se place du point de vue de l'être humain et de l'usage qu'il veut en faire. On cherche ici à adapter la conception au fonctionnement cognitif de l'utilisateur ordinaire, à ses objectifs, à ses besoins et légitimes exigences. Les perspectives ouvertes par ces travaux ont largement contribué à l'élaboration de guides de style ou de manuels de conception (par ex : Schneiderman, 1998).

Cependant l'utilisateur est encore pensé dans son individualité, isolé dans son travail, sans référence à sa culture, à son histoire ou encore à la complexité et à la singularité de l'environnement dans laquelle s'insère son activité. En effet, il s'agit d'un utilisateur-type conscient de son implication dans la tâche, mais en dehors de tout contexte autre que la tâche immédiate. Cette question centrale : « comment les gens interagissent avec les artefacts ? » devait prendre en charge le contexte de l'interaction. Pour cela, Norman (1988, 1999) propose de développer une approche écologique en référence aux travaux du psychologue Gibson (1979). Il s'agit d'analyser les invariants environnementaux en relation avec la perception et l'action humaines. Deux concepts clés pour les IHM dans cette approche sont les « contraintes écologiques » et les « affordances ». Les « contraintes écologiques » renvoient au fait que ce sont les structures du monde externe qui guident les actions des gens et non les processus cognitifs internes. Le concept d'« affordance » dans ce contexte IHM est utilisé en référence aux attributs des objets qui permettent aux gens de savoir comment les utiliser (Rogers, 2004).

Épaisseur et complexité de l'activité humaine : la fin des modèles simples de l'interaction médiatisée

En ramenant l'utilisateur au centre des préoccupations, on ouvrait la voie à un tournant épistémologique qui faisait écho aux difficultés persistantes rencontrées par la conception des systèmes et des interfaces alors même que se généralisait la médiatisation dans différentes sphères de nos activités. Après avoir poussé à l'extrême la logique rationaliste on constatait les limites voire l'incapacité de ces modèles symbolistes à rendre compte de façon pertinente de l'activité des utilisateurs en interaction. Il fallait dépasser la représentation unidimensionnelle de la logique des tâches par des théories plus compréhensives de l'activité humaine et surtout en reconnaissant ses aspects multidimensionnels. Dès lors, la critique s'est radicalisée (par exemple, Carroll, 1991 ; Bannon *et al.*, 1993 ; Vacherand-Revel, 1995, Nardi, 1996) et les arguments développés en faveur d'une approche renouvelée de l'interaction médiatisée justifiaient un nouvel examen des problèmes posés et l'élaboration de cadres de compréhension capables de prendre en charge les

dimensions oubliées (pour une revue, Vacherand-Revel *et al.*, 2001). Les directions du changement sont cependant plurielles. Parmi ces paradigmes alternatifs qui ont pénétré le champ de recherche IHM, on peut se référer aux « théories de l'activité » (inspirées de la psychologie soviétique du développement : Vygotski 1962 ; Leontiev 1978 ; Luria, 1979 ; développées dans le champs IHM notamment par Kuutti 1996 ; Nardi, 1996), « l'action située » (d'inspiration sociologique et anthropologique : Suchman, 1987, Lave, 1988), la « cognition distribuée » (issue des sciences cognitives : Hutchins, 1995). Ces approches s'inscrivent toutes, plus ou moins, dans le cadre plus global de ce qu'il est convenu d'appeler les « théories de l'action », qui regroupent des apports disciplinaires multiples (de la psychologie, de la sociologie, de l'ethnosociologie, de la philosophie...).

Sans entrer dans le détail de ces théories et en faisant abstraction volontairement des divergences pour ne retenir que les principales convergences et points de débat par rapport aux positions précédentes, examinons en quoi le cadre interprétatif des théories de l'action est radicalement différent pour penser l'utilisateur (individuel ou collectif), la technique et leur relation. Ces angles d'analyse, en réhabilitant la complexité de l'activité humaine, et notamment son insertion dans un environnement **milite en faveur du chemin exigeant de l'adaptation des dispositifs techniques**, s'éloignant résolument de la standardisation dans l'acceptation que les modèles précédents impliquaient et permettent de situer et distinguer les niveaux auxquels l'adaptation doit être pensée.

Conceptualiser l'utilisateur comme un acteur situé et incarné

L'entrée par les théories de l'action permet de réintégrer l'être humain dans son épaisseur. En le conceptualisant comme un acteur, incarné et relationnel, il est considéré à la fois dans sa singularité et dans sa socialité, et non plus réduit à sa seule capacité rationnelle de traitement de l'information, c'est-à-dire comme une somme de processeurs cognitifs avec une attention limitée, une mémoire imparfaite etc., qui pilote ses actions en fonction des seuls buts imposés par la tâche. Par incarné, c'est l'inscription corporelle et sociale de la cognition, qui est mise en évidence ; l'acteur n'est plus le siège exclusif de la capacité d'agir, du contrôle de l'activité, ni de la cognition (théorie de la cognition distribuée). Situé et inséré dans un environnement, il économise ses efforts cognitifs et se dispense de représentation préalable à l'action (théorie de l'action située). Autonome, il a la capacité de réguler et deordonner son activité au lieu d'être simplement un élément passif au sein d'un système personne-machine. Il se fixe à lui-même des objectifs significatifs. Appréhender l'utilisateur comme un acteur suppose de le considérer, notamment, en référence à sa culture, son histoire, à la complexité des situations sociales et à la singularité du contexte à l'intérieur duquel il organise son action et insère son activité.

Désormais la signification d'une action pour l'acteur se trouve au cœur du renouvellement théorique de l'interaction médiatisée : elle ne se réduit pas à une logique instrumentale et gagne une valeur intentionnelle. Il s'agit en cela d'élaborer des outils conceptuels qui permettent de traiter de la signification et du processus par lequel, au sein d'une communauté, elle est créée et négociée (Bruner, 1991). L'être humain est alors positionné comme sujet intentionnel d'une action située et contextualisée dans des contextes micro et macro-sociaux. La question du sens est évidemment étroitement liée à la dimension incarnée de la cognition humaine. Enfermer l'utilisateur dans une entité purement mentale, sans chercher ce qui fait la matérialité de la pensée, sans interroger cette médiation corporelle irréductible entre soi et les autres, s'avère nettement trop réducteur pour appréhender la relation entre la personne et l'ordinateur. A ce propos, les directions de travail en réaction au paradigme « symboliste » exploitent largement le potentiel critique contenu dans le

livre majeur d'Hubert Dreyfus (1984) dans lequel il explorait ces questions en liant étroitement le caractère intelligent du comportement humain non pas au logico-symbolique, au calcul, mais à son caractère situé et incarné. Cette orientation s'est poursuivie, notamment, dans l'œuvre de Varela (1989a, 1993).

En raison du caractère dynamique et signifiant de la réalité sociale, de l'ancrage écologique de tout savoir et de la diversité de ses modes de connaissance, la prise en compte de la situation dans laquelle la cognition prend place et à partir de laquelle elle se façonne est fondamentale. L'ignorer conduit à l'échec (Goffman, 1988 ; Quéré, 1997). S'intéresser aux modalités concrètes d'effectuation de l'activité dans son cadre réel (matériel, organisationnel, symbolique...) est une condition nécessaire de son intelligibilité. Les situationnistes (Lave, Suchman par exemple) thématisent le caractère indéterminé de l'activité, en soulignant sa nature émergente et contingente : elle émerge de la dynamique des interactions, et dépend des particularités liées à une situation donnée. Définir une action comme située signifie donc que l'on conçoit l'organisation de l'action comme un système émergent de la dynamique des interactions. Selon cette conception, la représentation n'apparaît que lorsque l'activité devient problématique et suscite une prise de conscience. L'objectivité pratique des situations n'est pas donnée de l'extérieur, elle est accomplie par les acteurs. La structure de l'activité n'est pas quelque chose qui la précède, mais au contraire, qui va s'épanouir dans la situation vécue comme immédiate, bien qu'elle résulte d'une lente construction technique et sociale, concrétisée en un artefact. Une activité réelle se constitue donc de flexibilité et d'opportunisme. En d'autres termes, ils mettent en évidence la sensibilité à l'environnement et la nature improvisée de cette activité. Nous retrouvons ainsi les paramètres déterminant l'action en termes de liberté, de complexité, de relations de pouvoir, de prescription ou de discrétion tels que les présentent les organisations.

3.2. Les dimensions socio-techniques de l'adaptation dans les organisations

Une voie complémentaire pour aborder les enjeux de l'adaptation concerne les conséquences de l'acceptation des technologies dans des systèmes humains structurés. En effet, le choix de la standardisation ou de l'adaptation des dispositifs soulève des questions complexes d'insertion et d'usage dans les organisations car elles sous-tendent différents jeux d'acteurs qui peuvent se traduire par des processus d'appropriation, de détournement voire de rejet des technologies.

Une des approches possibles pour étudier ces aspects est liée aux degrés de liberté que ces dispositifs peuvent ou non laisser à l'utilisateur dans la gestion de son activité.

Les technologies standardisées : un retour à la prescription ?

La multiplication des systèmes techniques standardisés paraît être le moyen d'une certaine « algorithmisation » du travail, c'est-à-dire d'une mise en forme des procédures ou des actes de travail et de description exhaustive des séquences d'opération (Léchevin *et al.*, 1993). Ces technologies permettent de reproduire quelques grands principes du taylorisme en accentuant la spécialisation des tâches. Le processus de travail serait ainsi décomposé, segmenté, remodelé en activités, en fonctions, en actes de travail.

Le *workflow* est l'illustration emblématique de ce processus de rationalisation par un système standardisé. Sa vocation est en effet d'automatiser les flux de travail et d'information, en spécifiant les tâches et les fonctions de chaque opérateur dans un circuit de traitement prédéterminé (traitement des dossiers administratifs, par exemple). Mulhmann (2001) a observé les usages liés à cette application concernant les pratiques commerciales des chargés d'affaires d'une grande entreprise de services.

Il montre, qu'au-delà des discours sur la transparence, la souplesse et la décentralisation de ces systèmes, leur conception et leur déploiement ont pour projet de mieux contrôler l'activité commerciale en rationalisant davantage ses processus mais aussi en les rigidifiant. Toutefois, l'auteur observe également la présence de processus d'appropriation stratégiques de ces outils qui permettent aux commerciaux de réintroduire de la flexibilité dans leurs procédures de travail, notamment par le développement de circuits coopératifs parallèles (via des technologies telles que le téléphone cellulaire, la messagerie...). Autant d'observations qui l'amènent à poser la question du déterminisme technologique et des modalités concrètes de l'appropriation par les acteurs.

Au final, dans cette première approche, la standardisation des interfaces correspond à un processus de codification et d'inscription des savoirs, qui s'accompagnerait plus ou moins inexorablement d'une structuration des savoir-faire. La standardisation serait un instrument de formalisation des règles de fonctionnement : les anciennes règles, souvent tacites et informelles, seraient déstructurées pour céder la place à des conduites de travail plus formelles et socialement acceptables par l'organisation.

Le recours à un aménagement concerté de la tâche par des technologies adaptables : la discrétion retrouvée ?

Pour autant, le travail effectué avec des systèmes ne saurait être figé dans une représentation informatique stable et permanente de la tâche. Le travail doit « vivre », c'est-à-dire s'organiser et se développer autour d'un noyau logique dur (un certain niveau de prescription) à partir duquel peuvent se greffer des marges de manoeuvre. On laisse ainsi la possibilité au dispositif d'évoluer, de s'adapter et de se reconfigurer en fonction des multiples changements de l'environnement socio-économique et des besoins des utilisateurs, en restant toutefois dans un cadre défini de possibilités.

En effet, les instructions qui résultent de la définition de la tâche sont généralement établies pour un environnement donné, supposé connu et stable, compte tenu d'un certain niveau de connaissances probables des utilisateurs. Or à cause des bouleversements provoqués, entre autres, par le changement technique, le travail s'enrichit de nombreuses zones d'implicite ainsi que de multiples événements aléatoires. Ces derniers constituent ce que de Terssac (1990) appelle des « *contraintes invisibles* », c'est-à-dire « *des caractéristiques effectives du travail qui se déroberont à la description officielle* » (p. 137). A ce titre, la gestion des aléas, de la dynamique temporelle d'un processus, la résolution de nouveaux problèmes, le choix entre plusieurs solutions admissibles deviennent des générateurs possibles de l'incertitude.

Le principe d'organisation « un homme pour un poste regroupant un ensemble de tâches précises, prévisibles et programmables » est donc remis en cause. On passe d'un système intégré de tâches rigoureusement définies et réparties sur des postes fixes à une distribution flexible des missions à discrétionnalité croissante (de Terssac, 1990). La discrétion fait ici référence à « des espaces d'action dans un processus réglé de l'extérieur, où le sujet agissant est obligé de décider et de choisir dans un cadre de dépendance » défini par le système technique (Maggi, 1996). Ce qui veut dire qu'en passant de la prescription des rapports de travail à leur discrétion, on est passé d'instruments techniques qui imposaient de ne pas choisir à des systèmes qui imposent choix et décisions. Dès lors, les technologies adaptables peuvent être ajustées aux utilisateurs en tenant compte de leurs besoins, de leurs contraintes, de leurs objectifs et de leurs ressources.

Le cas des systèmes informatiques d'aide à la décision (SIAD) est très instructif (Shim *et al.*, 2002). Ils proposent un certain nombre d'alternatives possibles pour l'action, compte tenu des informations dont ils disposent et des contraintes du

moment. Ils s'adaptent constamment à la cible, à la fonction qui leur est assignée. Ils n'ont généralement qu'une fonction d'assistance, puisque c'est l'utilisateur qui devra sélectionner la solution qui lui semble la plus appropriée par rapport au problème rencontré. Pourtant, malgré la souplesse des SIAD, de nombreux problèmes se posent, en particulier de dépossession du savoir-faire et de répartition des règles d'action et de décision entre l'homme et la machine (Brangier *et al.*, 1994).

Au final, dans cette forme de collaboration personne-machine, l'enjeu est de parvenir à une reconstruction négociée de la prescription dans laquelle les indications du système constituent, comme le remarquait déjà Dejours (1993, p. 55) pour des activités plus classiques, « *moins une contrainte qu'un repère, [c'est-à-dire] une référence commune* » et partagée.

Une réappropriation nécessaire et complète de la tâche : dominer les automatismes par l'adaptabilité du dispositif

Les diverses contributions de la psychologie ergonomique montrent que, face à des systèmes trop compliqués ou trop contraignants, les opérateurs contournent, voire détournent la prescription pour mener à bien les tâches qui leur sont confiées. La réappropriation peut aussi être perçue comme une conquête volontaire, manifestation de l'autonomie des travailleurs et de leur participation paradoxale au système productif (de Terssac, 1992). De même, si le strict respect des procédures permet d'assurer la bonne exécution des tâches lorsque l'environnement est stable ou de rassurer des utilisateurs novices, il en va différemment lorsque le contexte est évolutif et que l'individu acquiert de l'expérience. La réappropriation devient alors une étape nécessaire parce que ces écarts permettent de combler les lacunes des systèmes de travail (Davezies, 1991) et de s'impliquer efficacement dans le travail. Cette capacité de réaction/déviation par rapport à ce cadre prescriptif et standardisé est également nécessaire pour assurer la pérennité de l'entité personne-machine et préserver l'intégrité sociale et mentale de l'utilisateur.

Une étude réalisée sur l'activité de gestionnaires de retraite illustre ce type de stratagèmes (Bobillier Chaumon, 1992). L'application informatique était sous-employée car trop directive. Elle se révélait incompatible avec la souplesse exigée par les activités d'examen et de traitement des dossiers. La mise en place de procédures officieuses et clandestines "court-circuitant" le dispositif technique représentait dès lors la seule alternative possible pour contourner ces prescriptions et progresser efficacement dans le travail, afin d'atteindre les objectifs de production. L'anticipation par le concepteur des processus de réappropriation est extrêmement difficile et impose à nouveau une grande flexibilité des systèmes.

3.3. Classifications et définitions

Au final, l'évolution des dispositifs de travail s'est donc caractérisée par de nouvelles formes d'articulation entre tâche (prescrite) et activité (réellement mise en œuvre). Des changements sont intervenus sur la description du travail et se sont principalement manifestés :

- soit par un renforcement de la prescription ; dans ce cas, le système standardisé est espace de contraintes et donc d'aliénation de l'individu par la technique ;
- soit par l'émergence de systèmes discrétionnaires ; dans ce cas, le dispositif adaptable offre un espace de compromis entre les contraintes techniques et les aspirations de l'individu ;
- soit par une réappropriation de la technique ; dans ce cas, le système technique flexible devient "espace du possible" qui se met au service de son utilisateur.

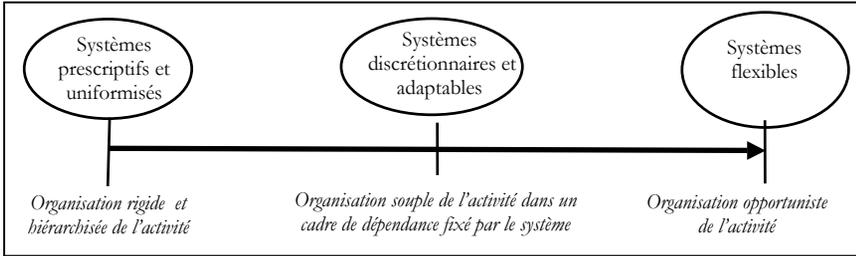


Figure 1. Différents niveaux d'adaptation et de prescription des systèmes et du travail

Il semble donc que, selon le niveau d'adaptation fixé dans les dispositifs, les conduites des individus varient sur un continuum de registres allant d'une stricte application des règles et normes édictées par le système et l'organisation à leur détournement.

Ce découpage dans les niveaux d'adaptation se retrouve dans la communauté informatique bien que la terminologie employée soit à la fois plus riche et souvent plus confuse. Ainsi, l'adaptabilité est, avec la compatibilité, l'un des critères que l'ergonomie des logiciels utilise pour apprécier l'adéquation entre les exigences de l'activité, les ressources de l'utilisateur et les caractéristiques du système (Scapin et Bastien, 1996 ; Bastien *et al.*, 1998). Plus précisément, l'adaptabilité concerne la capacité du système à réagir selon le contexte et selon les besoins et les préférences des utilisateurs. Cela recouvre à la fois (i) la prise en compte de l'expérience de l'utilisateur (le système respecte-t-il le niveau d'expérience de l'utilisateur en offrant par exemple des modes d'accès novice et expert) et (ii) la flexibilité du dispositif (permettant à l'utilisateur de personnaliser son interface et/ou de parvenir à son objectif par différents moyens). En somme, le système sera considéré comme adaptable dès lors qu'il offre la possibilité de s'adapter aux diverses actions et profils des utilisateurs. On trouve également dans la littérature, les termes de *personnalisation* et *customisation* qui visent à répondre de façon adaptée aux besoins et caractéristiques uniques et particuliers de chaque utilisateur (Cingil *et al.*, 2000). Ces termes, issus du domaine du commerce électronique, insistent alors sur une dimension individuelle de l'adaptation.

Le processus de *customisation* est un processus contrôlé par l'utilisateur qui effectue un choix entre plusieurs options. Le choix des options guide complètement la réponse fournie par le système (Rosenberg, 2001). L'utilisateur est donc activement engagé dans une interaction avec le système délivrant l'information : les messages qu'il envoie au système formulent explicitement ce qu'il attend. De plus, les options retenues par l'utilisateur restent identiques jusqu'à ce qu'il procède à de nouveaux choix. Par opposition à la *customisation*, la personnalisation véhicule l'idée d'un processus guidé par le système lui-même. Le système gère de la connaissance relative à l'utilisateur (ses besoins, ses préférences...) et l'exploite pour décider ce qui doit être présenté à l'utilisateur. Ce processus est décrit par Rosenberg comme une technologie « cognitive » dans la mesure où il s'appuie sur un apprentissage, par la machine, de ce que veut l'utilisateur. Cet apprentissage est basé sur une observation de son comportement au cours des sessions. En outre, le système a la capacité de s'adapter au cours du temps.

Les concepts véhiculés par les termes personnalisation et *customisation* sont également exploités depuis plusieurs années dans d'autres domaines que le commerce électronique, notamment en interface homme-machine (Browne, 1990), dans les systèmes à buts éducatifs (Oppermann *et al.*, 1997) ou les hypermédias adaptés

(Brusilovsky, 1996). Notons que pour certains, personnalisation, *customisation* et adaptation sont synonymes (Mobasher *et al.*, 2000 ; Rossi *et al.*, 2001). Une autre classification est liée aux capacités d'*adaptabilité* et d'*adaptativité* des systèmes qui sont alors respectivement qualifiés d'*adaptables* et d'*adaptatifs*. Cependant, les sens attribués à ces termes diffèrent selon les auteurs.

Comme nous le verrons en détail plus loin, certains auteurs comme Kobsa (2001) différencient les deux termes selon que l'utilisateur ou le système contrôle⁴ l'adaptation. Pour d'autres, comme Stephanidis et Savedis (2003), l'adaptabilité fait référence à un processus d'adaptation basé sur des connaissances (à propos de l'utilisateur, de l'environnement, etc.) disponibles ou acquises par le système *avant* que ne soient engagées les interactions utilisateur/système. Les adaptations sont donc réalisées lors de l'initialisation du système qui se présente dans une version adaptée à l'utilisateur. Les connaissances utilisées par le système sont, de plus, supposées rester inchangées au cours de la session d'utilisation. Inversement, l'adaptativité traduit une vision plus dynamique du processus d'adaptation. Les connaissances sont ici acquises ou modifiées par le système au cours des interactions, *via* des techniques de suivi de session. Le système procède à des adaptations *pendant* que l'utilisateur interagit avec lui. Cette vision est également partagée par (Frasincar et Houben, 2002), mais ces derniers appellent l'adaptabilité '*adaptation statique*' et l'adaptativité '*adaptation dynamique*'.

Notons enfin que dans une analyse en profondeur des interfaces « intelligentes », Kolski & Le Strugeon (1998) référencent cinq types d'interfaces dont l'autonomie et le niveau de connaissance sur l'utilisateur et ses tâches vont croissant. Il s'agit, dans l'ordre, des interfaces flexibles (adaptables), des interfaces tolérantes aux erreurs de l'utilisateur, des interfaces adaptatives, des assistants et des agents intelligents. Ces deux derniers types théoriques constituent une forme de généralisation du concept d'adaptativité dans laquelle les processus d'adaptation incluent des techniques sophistiquées de reconnaissance des situations, des plans et des intentions de l'utilisateur.

Pour en finir avec les définitions, nous n'oublions pas de rappeler le terme de « plasticité », défini par Thévenin comme étant la capacité d'une interface à s'adapter aux contraintes matérielles et environnementales dans le respect de son utilisabilité (Thévenin, 1999). Aujourd'hui, cette définition est parfois étendue pour inclure également l'adaptation à l'utilisateur.

4 Conséquences sur les orientations contemporaines de la conception des IHM

L'analyse de la problématique adaptation/uniformisation sous les angles techniques, psycho-sociaux et organisationnels nous amène maintenant à évoquer les conséquences des leçons tirées sur les orientations de la conception informatique et en particulier de la conception des interactions personnes-machines. Nous traiterons rapidement le cas des systèmes intégrés pour nous intéresser plus en détail à l'adaptation. Lorsque celle-ci est souhaitable, il s'agit alors de répondre aux questions suivantes : qui adapte et quand à lieu l'adaptation ? Que peut-on adapter ? Selon quels critères ? Comment et quelles sont les conséquences sur les architectures des logiciels ?

⁴ Etre responsable du contrôle veut dire que l'utilisateur peut exécuter ces fonctions, mais peut aussi laisser le système exécuter certaines d'entre elles.

Notre réflexion prolonge les différents espaces problème élaborés par (Calvary *et al.*, 2003), (Thévenin, 2001) et plus récemment (Vanderdonck *et al.*, 2005).

4.1. Systèmes intégrés et interopérabilité

Avant de plonger dans les caractéristiques d'un processus d'adaptation, arrêtons-nous un instant sur l'apport des systèmes intégrés, qui, au moins en apparence, peuvent apparaître comme étant des systèmes extrêmement uniformisés. Lorsque la diversité au sein des logiciels manipulés par un utilisateur est très riche, apparaît le besoin de construction d'un système intégré, c'est-à-dire d'un logiciel unique qui assure une forte unité et donc un usage/apprentissage simplifié. Ces systèmes existent en bureautique (ex : Microsoft Works), en conception informatique (Smalltalk) ou dans certains progiciels comme les ERP (Entreprise Ressource Planning). L'intégration repose généralement sur une standardisation extrême car elle est gérée par un éditeur unique. C'est d'ailleurs selon ce schéma que procède Microsoft au gré des achats puis des intégrations de technologies complémentaires. Bien que réductrice sur le plan créatif, cette approche est indéniablement la plus confortable pour l'utilisateur lorsqu'il doit appréhender un nouveau composant logiciel. Cette logique d'intégration répond davantage à une logique industrielle et économique (proposer des produits "tout en un"). Elle vise à offrir une plus grande cohérence des produits, donc une meilleure lisibilité et une facilitation de l'usage. Dans un autre domaine, on notera qu'au début de l'internet mobile, le succès de la technologie i-mode™ de l'opérateur de télécommunication japonais DoCoMo face à l'échec du Wap sur les mobiles GSM est en partie imputable au rôle primordial d'intégrateur que se donne l'opérateur (en plus d'un modèle économique plus abouti). Alors que d'autres se contentaient de proposer des portails pointant sur des services tiers hétérogènes, DoCoMo se plaçait en intégrateur de service, garantissant ainsi à l'utilisateur une cohérence et une standardisation importante.

En contrepoint des avantages cités précédemment, deux inconvénients majeurs peuvent être repérés. Tout d'abord, parce qu'intégrés, ces systèmes proposent une richesse fonctionnelle plus limitée que celle obtenue en utilisant plusieurs logiciels complémentaires, chacun étant spécialisé dans son domaine respectif (Works vs Office). Ensuite, qui dit système intégré, dit souvent éditeur unique, ce qui crée une forte dépendance pouvant être préjudiciable, surtout si le dit système n'est pas ouvert. Une réponse aux systèmes intégrés, consiste à définir des normes ou standards afin de bâtir des logiciels interopérables avec un référent commun. Ces standards portent autant sur les interactions personnes-machines que sur l'interopérabilité des logiciels. Dans ce contexte, l'apport d'XML est indéniable, car bien qu'il ne résolve pas le problème de la sémantique, il simplifie les problèmes lexicaux et syntaxiques dans les échanges.

4.2. Qui peut adapter ?

Dieterich *et al.* (1993) identifient cinq acteurs possibles dans le processus d'adaptation : le concepteur, l'administrateur du système, l'expert local, l'utilisateur final et le système lui-même. Estimant que les adaptations réalisables par les acteurs de type concepteur, administrateur ou expert local, ne peuvent convenir qu'à un groupe d'utilisateurs (donc pas à l'individu), ils ne retiennent que les acteurs « utilisateur » et « système ». Pour répondre à la question « qui adapte ? », il est intéressant de noter que le contrôle de l'adaptation peut s'exercer à quatre niveaux :

- a- Initiation : décision d'un acteur de suggérer une adaptation,
- b- Proposition : représente les suggestions ou les recommandations.
- c- Sélection : correspond au processus de choix parmi les propositions de réaction,

d- Exécution : la mise en œuvre de la réaction choisie.

Pour les auteurs, un processus d'adaptation peut relever de configurations qui combinent les caractéristiques de l'adaptabilité (i.e. contrôle émanant de l'utilisateur) et de l'adaptativité (i.e. contrôle émanant du système). Les graphiques de la figure 2 adaptée de la taxonomie de Dieterich montrent qui, de l'utilisateur ou du système (axe horizontal), peut contrôler les actions (initiation, proposition, sélection, exécution—axe vertical) qui constituent les étapes du processus d'adaptation. L'adaptativité contrôlée par l'utilisateur et initiée par lui (respectivement *user-controlled adaptivity* et *user-initiated adaptivity*; Kobsa *et al.*, 2001) sont des exemples de configurations mixtes. Il est aussi intéressant de soulever la question de la conscience que l'utilisateur a de l'adaptation surtout lorsqu'elle est réalisée par le système. En d'autres termes, l'adaptation est-elle observable ?

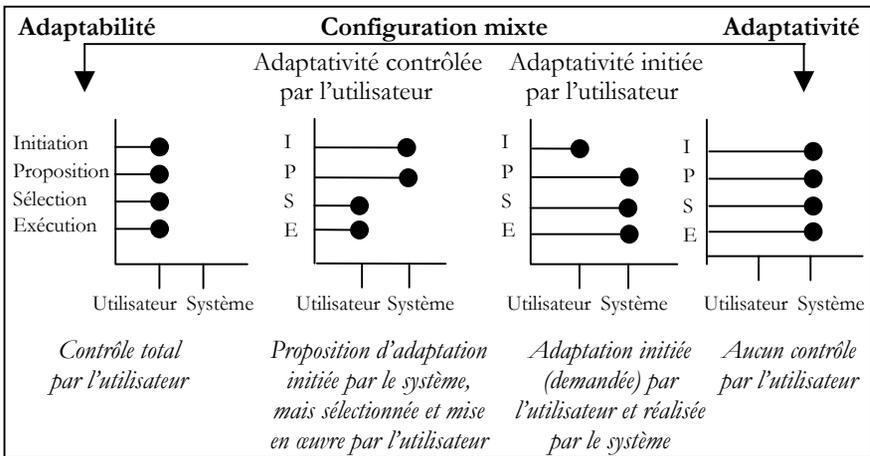


Figure 2. Différents types de processus d'adaptation : de l'adaptabilité à l'adaptativité (d'après Dieterich *et al.*, 1993)

4.3. Que peut-on adapter ?

En adoptant un point de vue fonctionnel, Jameson (2003) a dressé un panorama de ce que les interfaces adaptatives peuvent faire. Il distingue les fonctions facilitant l'usage (prise en charge d'opérations routinières, adaptation de l'interface, conseil d'utilisation, contrôle du dialogue) de celles aidant à l'acquisition d'information (aide à la recherche, mise en forme de résultats, recommandation de produits, support à la collaboration, support à l'apprentissage). Nous préférons adopter un point de vue plus architectural. En effet, si l'on reprend les modèles d'architectures classiques de logiciels interactifs comme Seeheim (Pfaff, 1985), PAC (Coutaz, 1987, 1990) ou ARCH (Bass *et al.*, 1991), il ressort au moins trois composants clés qui peuvent subir une certaine adaptation : le noyau fonctionnel, la présentation et le contrôle. L'adaptateur de noyau fonctionnel et la présentation logique du modèle ARCH peuvent également donner lieu à une adaptation, mais nous réduisons notre exploration aux trois composants pré-cités.

Le *noyau fonctionnel*, parfois appelé abstraction, contient l'ensemble des objets du domaine d'application (factures et clients dans un logiciel de comptabilité, par exemple). Ces objets sont caractérisés par des attributs et des traitements, c'est-à-dire les opérations qui peuvent leur être appliquées (par exemple, changer un taux de remise). En filtrant ou en substituant des composants d'un noyau fonctionnel, il est

ainsi possible d'adapter en profondeur une application. Le filtrage consiste à éliminer certaines fonctions tandis que la substitution maintient la fonction tout en modifiant son comportement. Cette adaptation peut être liée au rôle de l'utilisateur dans une organisation (il a ou n'a pas certains droits) ou à la tâche qu'il est en train de réaliser. Dans un cadre éducatif, le système pourra ainsi agir sur le niveau de détail du contenu du document en prenant en compte l'expertise de l'utilisateur afin de faciliter l'apprentissage. Un expert se verra proposer plus de détails, alors qu'un novice recevra des explications supplémentaires explicitant par exemple des pré requis. Dans le contexte des hypermédias adaptatifs, Brusilovsky (1996) nomme d'ailleurs cette adaptation : « adaptation du contenu ». Notons que dans une architecture ARCH, elle serait opérée au niveau de l'adaptateur du noyau fonctionnel.

La *présentation* gère les objets informatiques interactifs (gestion du clavier et de la souris, fenêtres, boutons, menus, son, vidéo ...). On distingue souvent deux sous-composants dans la présentation : la présentation « abstraite » qui modélise la structure des interfaces et les boîtes à outils (*toolkits*) qui gère concrètement les objets d'interaction selon la plateforme physique qui les accueille (PC, Mac, PDA, téléphone etc.). En modifiant les objets de présentation, c'est-à-dire en changeant leur couleur, forme, agencement ou type, il est possible d'adapter la présentation d'un logiciel à un contexte particulier. Les possibilités d'adaptation sont très nombreuses. Les plus faciles à mettre en œuvre portent sur les traits de surface des objets (style, taille, couleur...). On peut citer ensuite les problématiques de mise en page, de sélection de médias ainsi que le choix de style d'interaction ou de modalité dans un système multimodal. Pour les illustrer, nous retenons deux systèmes expérimentaux. Le système AHA (*Adaptive Hypermedia for All*) manipule les liens d'un document hypermédia afin de guider l'utilisateur vers l'information la plus intéressante, la plus pertinente. Le lien qui pointe vers cette information est ainsi annoté ou colorié (De Bra *et al.*, 2002). Dans nos propres travaux (Habieb-Mammar & Tarpin-Bernard, 2003) nous proposons d'adapter la présentation des hypermédias selon les capacités cognitives et perceptives de l'utilisateur. Chaque document contient de multiples blocs équivalents (texte, image, schéma, son, vidéo) et un moteur d'adaptation choisit dynamiquement la combinaison d'éléments qui semble constituer la présentation du document la plus compatible avec le profil cognitif de l'utilisateur.

Les composants de *contrôle* ont pour vocation de piloter les relations entre les composants de présentation et le noyau fonctionnel. En choisissant tel ou tel mode de contrôle, il est possible d'introduire des contraintes supplémentaires issues du contexte d'interaction ou de l'activité. Dans le champ des collecticiels, il a été montré (Tarpin-Bernard, 1997) que le contrôle peut porter non seulement sur l'interaction mais également sur l'accès aux services (gestion de droits et devoirs en fonction de rôles), la notification des actions (conscience de groupe) ou la concurrence (coordination fine des actions). Souvent pénalisés par un fonctionnement trop statique, les systèmes de *workflow* sont aujourd'hui flexibles et susceptibles d'évoluer avec les utilisateurs (Saikali *et al.*, 1999).

Dans les hypermédias adaptatifs, l'adaptation de la navigation qui consiste à sélectionner et ordonner des liens pertinents est une forme d'adaptation du contrôle. Notons que la terminologie employée par les différents auteurs prête parfois à confusion. Ainsi, pour (Brusilovsky, 1996) et (Raad, 2002), l'adaptation du contenu n'est opposée qu'à l'adaptation de la navigation. L'adaptation de la présentation et celle du contenu ne font qu'une. Comme d'autres auteurs (Koch, 2000) (Frasincar, 2002), nous considérons que la distinction est importante.

Au-delà des trois principales couches logicielles que nous venons d'explorer rapidement, l'adaptation peut également porter sur l'architecture globale d'un

système. Dans ce cas, elle consiste à choisir ou faire évoluer la distribution des applications (système plus ou moins centralisé/distribué) ou la localisation des services (applications embarquées, migrables, etc.).

4.4. Comment peut-on adapter ?

Aujourd'hui, la recherche informatique enrichit et complexifie ses modèles d'utilisation. Ses résultats recourent donc les conclusions des analyses organisationnelles et psychologiques, qui soulignaient la nécessité de prendre en compte les enjeux de l'action collective, située, incarnée. En lien avec cette convergence, il convient d'analyser les critères sur lesquels travaillent les informaticiens. Actuellement, les systèmes adaptatifs reposent sur l'identification d'un « contexte d'adaptation » défini par le triplet <utilisateur, environnement, plate-forme d'interaction>. Pour être capable d'effectuer les différents niveaux d'adaptation évoqués précédemment, il convient d'élaborer une modélisation de ce contexte.

Comme le souligne Rich (1983), il est important d'identifier d'abord le caractère stable ou instable d'un modèle, c'est-à-dire s'il s'agit d'un modèle à court terme ou à long terme. Dans le cas des modèles de l'utilisateur, ceux à long terme décrivent ses caractéristiques stables, tandis que ceux à court terme représentent des caractéristiques éphémères telles que des objectifs. Généralement, ces derniers modèles ne capitalisent pas d'informations d'une session de travail à une autre. Il est classique d'opérer également une distinction entre des modèles statiques et dynamiques. Les premiers restent stables au cours d'une session de travail et ne sont pas remis en cause pendant les interactions alors que les seconds sont sensibles aux actions des utilisateurs et évoluent en conséquence.

Le concepteur d'un système adaptatif doit relever deux défis relatifs à la construction et à l'exploitation des modèles. Le premier défi consiste à trouver les moyens de construire un modèle fiable le plus rapidement possible. Souvent, un profil par défaut permet d'initialiser le modèle puis, par des tests spécifiques ou par la simple observation des actions de l'utilisateur, le système va affiner le modèle. Si l'on se réfère aux approches « centrées sur l'utilisateur » évoquées précédemment, ce sont les écarts entre le modèle de conception et le modèle que l'utilisateur se forge du système, notamment en fonction de ses besoins et intérêts à un moment donné du cours de l'interaction, qui peuvent poser problème. Si l'adaptation se révèle inappropriée à l'action souhaitée, l'interface fait littéralement écran entre l'utilisateur et ses tâches. L'accès au monde représenté n'est plus direct. L'utilisateur n'a plus la sensation d'être engagé dans l'action ni de pouvoir avoir accès directement aux objets de ce monde un peu comme une perturbation de l'image ou du son dans une salle de cinéma nous empêche d'être totalement présent à l'histoire qui se déroule. Le problème qui se pose est bien de réduire au mieux cette distance ainsi créée. Une voie intéressante à explorer consiste à élaborer un système qui ne commence à faire des adaptations que lorsqu'il estime ses modèles suffisamment fiables. Le temps de convergence devient alors un élément critique. Le second défi pour le concepteur porte sur l'exploitation du modèle et sur la définition des règles d'adaptation. Comme nous le verrons plus loin, une fois que le système a modélisé une caractéristique de l'utilisateur, il reste à trouver le moyen de s'en servir utilement !

A ce propos, il nous paraît indispensable d'évoquer la question de l'évaluation des systèmes adaptatifs. Chin (2001) a montré l'importance d'évaluations empiriques des systèmes adaptatifs tout en soulignant que, d'une part, les analyses statistiques supposent un nombre de sujets significatif, et que, d'autre part, il est souvent difficile de construire des situations de contrôle comme par exemple un groupe de sujets dans lequel le système adaptatif est désactivé.

Adaptation à l'utilisateur

Comme le souligne Fink *et al.* (1996), le modèle utilisateur est l'outil principal sur lequel se base la conception des systèmes adaptatifs. Différentes définitions ont été proposées, parmi lesquelles nous retiendrons celle de Höök (1996) : « un modèle utilisateur est une connaissance à propos de l'utilisateur explicitement ou implicitement codée, utilisée afin d'améliorer son interaction avec la machine ». Un modèle implicite est employé par le concepteur sans qu'il soit formalisé dans le système. Au contraire, un modèle explicite décrit les informations que le système possède sur l'utilisateur. Les modèles implicites sont difficiles à modifier quand une nouvelle information est mise en valeur comme étant une meilleure alternative. La plupart des nouvelles approches adoptent des modèles explicites.

Il est également important de distinguer modèle utilisateur individuel et modèle prototypique. Un modèle individuel contient les informations spécifiques à un utilisateur donné, tandis que les stéréotypes sont des modèles types identiques pour un groupe d'individus (Rich, 1989). Dans ce cas, les utilisateurs sont supposés appartenir à une population homogène, ce qui signifie que tous les utilisateurs d'une même classe sont traités de façon identique. Ces solutions sont généralement beaucoup plus simples à mettre en œuvre techniquement, la difficulté résidant dans l'identification de stéréotypes pertinents. Ceci suppose que la population puisse effectivement être segmentée en classes, ce qui est rarement le cas. Au-delà, si la modélisation d'un utilisateur-type est *a priori* séduisante pour la conception, c'est au moment de l'usage que des problèmes se poseront inévitablement. L'analyse fragmentaire de l'être humain proposée dans ce type de modèle ignore la multiplicité des sources de différenciation individuelles que ce soit aux plans cognitif, affectif ou social. Elle dévalue des aspects essentiels de l'activité humaine en évacuant son ancrage social, ses références historiques et culturelles, sa contextualisation ; bref, autant de variables encombrantes mais dont les recherches en sciences humaines ne cessent pourtant de montrer leur importance. C'est pourquoi, une telle modélisation par stéréotype est constitutivement limitée et conduit même à une aporie au plan de l'usage. Elle ne devra donc être utilisée que comme technique complémentaire afin d'initialiser un modèle individuel lorsque aucune autre approche n'est utilisable.

Pour Wahlster (1991), le modèle utilisateur est « une source de connaissances contenant des suppositions explicites à propos de tous les aspects des utilisateurs qui peuvent être pertinents ». Cette deuxième définition met l'accent sur une notion importante : celle de supposition et souligne, en cela, le caractère incertain de la modélisation. En effet, un modèle a vocation à s'affiner au fil du temps et à se rapprocher de la réalité du profil de l'utilisateur. Nous considérons comme fondamental que des *indicateurs d'incertitude* soient associés au modèle afin d'estimer la confiance à l'égard d'un modèle à un instant donné. Cette exigence d'évolution en temps réel correspond à la réalité des actions humaines situées « dans un monde incertain » (Callon *et al.*, 2001). En effet, le problème des choix informatiques ne se laisse pas résoudre à des paramètres purement techniques, il implique une dimension sociale (soit en termes de conflit – positif ou négatif –, soit en termes d'efficacité pondérée sur le court, moyen ou long terme, soit en termes d'équilibre entre la précaution et la prise de risque) et une dynamique temporelle. La conjonction de ces trois facteurs explique l'incertitude intrinsèque des modèles proposés, tant que ces modèles ne sont pas appliqués en grandeur réelle. D'où l'importance des indicateurs d'incertitude, qui permettent en amont d'anticiper sur certaines zones problématiques à un niveau technique, social ou évolutif. Enfin, Fischer (2001) élargit la notion de modèle utilisateur en introduisant l'environnement dans lequel s'insère cet utilisateur. L'importance de la contextualisation de l'activité est ainsi soulignée, ce qui est

fondamental si l'on se réfère aux théories de l'action située, dont nous avons indiqué la pertinence précédemment. De ce point de vue, plusieurs zones d'incertitudes peuvent être soulignées. Parmi elles, la distinction entre tâche et activité est la plus classique. En effet, l'ergonomie a pointé depuis longtemps le danger de concevoir à partir d'une analyse des tâches et non de l'activité. Seule une analyse de l'activité permet d'accéder aux conditions concrètes d'effectuation des tâches dans leur cadre réel. En référence aux théories de « l'action située » on peut souligner le caractère indéterminé de l'activité. Elle émerge de la dynamique des interactions, elle est imprévisible car elle est liée aux particularités d'une situation donnée. L'incertitude réside alors principalement dans le fait que l'objectivité pratique des situations ne peut être donnée de l'extérieur. L'activité est flexible et opportune car elle est accomplie par des acteurs situés et incarnés.

Outre sa dimension évolutive, le modèle utilisateur est multi facettes (Brusilovsky, 2002), car il contient des informations sur les préférences de l'utilisateur (ce qu'il aime), son/ses buts (ce qu'il veut), ses connaissances (ce qu'il sait), son profil (ce qu'il est), ses présupposés (ce qu'il croit), ses compétences (ce qu'il peut), etc.

De nombreux travaux ont proposé des modèles utilisateur contenant des données sur les préférences (par exemple Linden *et al.*, 1997). Aujourd'hui, la plupart des sites de e-commerce, comme Amazon.com, cherchent à modéliser les préférences de leurs visiteurs afin de mettre en avant les produits ayant le plus de chance de les intéresser. Le lecteur pourra se référer à (Burke, 2002) pour une revue des systèmes de recommandation.

Les buts de l'utilisateur représentent une caractéristique liée au contexte du travail de l'utilisateur. Selon le type du système, il peut s'agir du but du travail (dans des systèmes applicatifs type traitement de texte, CAO, etc.), du but de la recherche (dans des systèmes d'extraction de connaissances), d'une solution à un problème précis ou encore d'un but pédagogique (systèmes éducatifs). Le but de l'utilisateur est vu comme la composante la plus versatile, il change d'une session à une autre et peut souvent changer plusieurs fois au cours d'une même session de travail. On retrouve ici l'importance de la connaissance de l'activité dans laquelle baigne l'utilisateur. Cette variation des objectifs confirme les résultats théoriques de notre analyse psychologique, qui interdisaient de réduire le comportement de l'utilisateur à une logique instrumentale linéaire. Il convient donc de réintroduire d'autres paramètres, voire d'autres parasites, pour analyser l'enchaînement des actions. Dans tous les cas, la modélisation des buts doit être manipulée avec prudence tant la tâche est difficile et parfois vouée à l'échec.

L'identification des connaissances d'un utilisateur est particulièrement importante. De la simple catégorisation novice vs expert à une modélisation fine associant des degrés d'assimilation à une myriade de grains de connaissance, l'éventail des modélisations est très large. Assez naturellement, ce sont les environnements d'apprentissage qui se sont le plus intéressés à cette partie du modèle utilisateur. Dans un modèle de recouvrement, les connaissances de l'utilisateur sur un sujet sont représentées comme une couche du modèle domaine (Brusilovsky *et al.*, 1993). Pour chaque concept, un modèle individuel de couche stocke des valeurs qui sont une estimation du niveau de connaissance du concept. Ceci peut être une valeur binaire (connu, inconnue), une mesure qualitative (bon, moyen, faible) ou encore une mesure quantitative telle que la probabilité que l'utilisateur connaisse le concept. Ce modèle peut être représenté comme un ensemble de paires 'concept : valeur', une paire pour chaque concept du domaine. D'autres modèles, dits de perturbation, possèdent un potentiel de représentation plus large que les modèles de recouvrement. En effet, les

connaissances et aptitudes de l'étudiant sont considérées comme une perturbation des connaissances de l'expert et non comme un sous-ensemble de ces connaissances.

Tous ces modèles "corrigés" confirment l'absence d'une représentation mentale stable et bien identifiée qui précéderait l'action : au contraire, la représentation se construit sous forme de connaissance, lorsqu'elle est sollicitée ou "réveillée" par l'action située. Elle émerge d'une situation singulière et concrète, de façon plus ou moins prévisible (Cf. §3.1).

L'acquisition des caractéristiques cognitives renseigne sur la recevabilité des stimuli par les utilisateurs. Fink (Fink *et al.*, 1997) a bien souligné dans le projet AVANTI la nécessité de modéliser les caractéristiques cognitives, en particulier celles relevant de la mémorisation des sujets âgés pour l'adaptation du contenu et de la présentation des pages web. Des styles cognitifs d'apprentissage ont ainsi été proposés (Fowler *et al.*, 1985) (Felder, 1996) tout comme plus récemment nous avons défini des profils cognitifs détaillant des habiletés cognitives élémentaires telles que la mémoire de travail visuelle ou la capacité d'exploration visuo-spatiale (Habieb-Mammar *et al.*, 2003). Notons que cette partie du modèle qui reflète des caractéristiques *a priori* stables doit être remise en question dans certains cas, comme par exemple, lorsque l'utilisateur est fatigué, stressé ou sous l'effet de médicaments.

La modélisation de l'utilisateur reste un exercice périlleux qui peut être extrêmement réducteur. Ainsi, le « modèle de l'élève » risque d'être une modélisation d'un être logique abstrait : un apprenant idéal, à l'instar du « locuteur idéal » de Chomsky ou du « sujet épistémique » de Piaget, c'est-à-dire une création dépouillée, par commodité scientifique, de ce qui constitue la réalité d'un être humain à la fois biologique, psychologique et social (Linard, 1996).

Adaptation à l'environnement

Avec la miniaturisation, l'autonomie des batteries, et les progrès de la communication sans fil et des capteurs de toute sorte (ex : dispositifs RFID), l'accès aux ressources de calcul devient possible en tout lieu et à toute heure. Il en résulte des environnements d'interaction extrêmement diversifiés où les frontières entre milieux familial et professionnel, privé et public, s'estompent. C'est ce que l'on appelle l'informative pervasive ou ubiquitaire (Weiser, 1993).

L'adaptation des systèmes interactifs à leur environnement d'utilisation est un axe de recherche récent. Souvent, les données liées à l'environnement et celles de la plate-forme sont mal distinguées dans la littérature. Ainsi, la présence ou non d'une connexion réseau sans fil peut être considérée comme une information de la plate-forme ou de l'environnement selon les approches. Toutefois, des informations telles que la localisation (Beadle *et al.*, 1997) sont bien identifiées comme des données de l'environnement et commencent à être exploitées pour l'adaptation des systèmes. Par exemple pour indiquer à un touriste localisé à proximité d'un site historique des événements censés l'intéresser (Cheverst *et al.*, 2001) ou pour l'envoi de spots publicitaires ciblés (Aalto *et al.*, 2004) ou encore la diffusion par SMS d'informations concernant les changements de la qualité de l'air dans une région (Peinel *et al.*, 2003). Schmidt (Schmidt, 2000) propose un système de bloc notes sur Palm qui exploite plusieurs données de l'environnement, ContextNotePad. Ce système est sensible aux mouvements de faible amplitude (le système se met en marche dès que l'utilisateur le prend en main), au déplacement (il change la taille de l'affichage) et à la luminosité (l'écran passe en mode rétro éclairage si la lumière ambiante baisse).

Si l'adaptation à l'environnement se focalise actuellement sur l'exploitation des données de la localisation, d'autres exemples sont simples à imaginer et sur le point d'être disponibles. Chez soi, le PDA sert de télécommande universelle. Il s'adapte automatiquement à l'objet le plus proche, mais ne fonctionne pas lorsqu'il est

actionné par un jeune enfant. En réunion, la sonnerie du téléphone passe automatiquement en mode vibreur ou au contraire utilise une sonnerie discernable dans un milieu bruyant. A la gare, le système de réservation de titre de transport conduit efficacement l'acheteur à son but et sans erreur malgré les conditions de stress (plusieurs personnes attendent et le train part dans cinq minutes !). Toutefois au domicile, le système se permet quelques digressions, offrant la possibilité de consulter les voyages en promotion. Ce dernier exemple souligne le caractère changeant de l'environnement et la nécessité d'usage de technologies dynamiques suffisamment flexibles.

Aujourd'hui les informations environnementales pouvant être modélisées et donc utilisées par les processus d'adaptation sont ainsi : la localisation (absolue type GPS ou contextualisée type classe / bibliothèque / cours...), les niveaux sonore et lumineux ambiants, les objets communicants voisins, les autres utilisateurs proches ou joignables...

Adaptation à la plate-forme interactive

Les dispositifs d'interaction se diversifient par leur forme et leur finalité. L'ordinateur tout usage se voit prolongé d'appareils dédiés comme les assistants personnels numériques (PDA) et les téléphones mobiles. Inversement, avec la convergence télévision/numérique, un objet à finalité bornée devient un dispositif tout usage. Les PDA, incluent progressivement les services de téléphonie et inversement, les fabricants de téléphones font du "portable" un véritable PDA. Avec l'informatique ubiquitaire (Weiser 1993), l'espace et les objets de la vie courante deviennent des entités d'interaction. Il en résulte un foisonnement de solutions techniques correspondant chacune à des usages émergents. Dans cet espace du possible, on observe une constante : l'utilisateur veut avoir le choix. Le choix est vécu comme un besoin psychologique, mais il s'organise en outre soit sur des critères ergonomiques dans la mesure où il détermine des conditions de confort et d'efficacité personnels, soit en fonction de déterminations sociologiques « normales » ou « déviantes » dans la mesure où il se situe dans des relations organisationnelles. Ce désir de choisir exprime en réalité une nécessité immanente à l'action humaine, dès qu'elle s'avère un tant soit peu complexe : il faut choisir à des niveaux collectifs et individuels, techniques et sociaux, maintenant mais dans une perspective à court, moyen ou long terme. Dès lors, il convient d'envisager pour une application donnée, l'utilisation mixte du gros calculateur comme du petit dispositif, du fixe comme du mobile, de l'ordinateur palpable à l'ordinateur évanescent. Dans certains cas, il est même envisagé que les logiciels migrent dynamiquement d'une plate-forme à une autre. Dans ce cas, l'interface doit se reconfigurer automatiquement. La *continuité de l'interaction* devient alors un des enjeux les plus difficiles à garantir. Cette problématique est d'ailleurs extensible au changement de contexte en général (Calvary *et al.*, 2001).

Les principales caractéristiques des plates-formes auxquelles un système doit s'adapter sont ainsi : la puissance de calcul et la capacité mémoire (vive et de stockage), les spécificités des périphériques (taille, résolution et couleurs de l'écran, les caractéristiques sonores, les dispositifs d'interaction : stylet, souris, clavier, etc.), la connectivité (isolé, réseau PAN type Bluetooth, réseau LAN ou WAN) et les systèmes d'exploitation et langages compatibles.

Afin de permettre un accès universel au web, le W3C a publié début 2004 la recommandation CC/PP (Composite Capabilities / Preference Profiles), prolongée aujourd'hui dans le cadre du *Device Independence Working Group*. CC/PP fournit un format standard de description d'informations permettant à tout terminal web de communiquer de façon détaillée ses capacités à un serveur donné. Un profil CC/PP

est une description des capacités d'un appareil et des préférences de configuration. Cette description, appelée aussi contexte de remise d'un appareil, peut s'utiliser pour guider l'adaptation du contenu présenté à l'appareil en question. Elle contient des informations sur le matériel, le système d'exploitation et le navigateur. Il est intéressant de noter ici qu'un processus de normalisation est employé pour stabiliser les formats de données utilisés pour l'adaptation, soulignant une nouvelle fois que l'opposition apparente entre uniformisation et adaptation n'est pas si claire.

L'ensemble de ces contraintes rend l'adaptation extrêmement difficile et impose un effort important sur le plan de la modélisation architecturale des applications et des interactions (Samaan et Tarpin-Bernard, 2003). Notons que Thévenin *et al.* (2003) ont récemment dressé un cadre de référence pour la conception d'applications plastiques. Par ailleurs, de nombreux langages de description des interfaces (UIDL) ont déjà été proposés pour abstraire l'interaction et permettre une concrétisation adaptée de l'interface. Parmi eux, les langages basés sur XML les plus intéressants sont sans doute UIML (Abrams, 2004) et USIXML (Limbourg *et al.*, 2004). L'atelier "Developing User Interfaces with XML: Advances on User Interface Description Languages" tenu à l'occasion de la conférence AVI'2004 constitue une excellente référence pour un état de l'art.

4.5. Conséquences sur les principes de mise en œuvre

En montrant la complexité de la problématique de l'adaptation, nous avons souligné l'importance d'utiliser des architectures logicielles ouvertes pour augmenter considérablement le pouvoir de configuration des applications. Ces architectures reposent sur la fourniture par le concepteur initial du logiciel d'une API fixe (*Application Programming Interface*), c'est-à-dire une liste de fonctionnalités prédéfinies, et d'un moteur d'exécution des composants ainsi programmés. Suivant le degré d'ouverture de l'application, l'utilisateur pourra plonger plus ou moins profondément dans le code du logiciel. Longtemps réservées à une élite de techniciens (administrateurs UNIX, concepteurs CAO, etc.), ces techniques se sont lentement développées avec, par exemple, l'invention des macros ou macro-commandes qui permettent à n'importe quel utilisateur d'apprendre à la machine des séquences d'opérations afin de personnaliser un environnement de travail en lui adjoignant des commandes complexes. Ces architectures reposent cependant sur un noyau qui contient le cœur du programme et qui ne peut être modifié. On procède donc généralement par extension et il est difficile de remettre en cause ce cœur. Dans les systèmes hautement flexibles comme les collecticiels, cette caractéristique s'avère limitante. Malone (1995) qui est un ardent défenseur d'une adaptation maximale par l'utilisateur qu'il appelle « *tailorabilité radicale* », propose un ensemble de composants élémentaires (objets, vues, agents et liens) permettant aux utilisateurs finaux d'assembler à leur guise un système collaboratif.

D'autres, comme Dourish (1995) ou Bourguin (2000), ont proposé d'utiliser des architectures réflexives, c'est-à-dire contenant la description de leur propre cœur. Dynamiquement, des utilisateurs avertis peuvent ainsi faire évoluer les algorithmes ou les données constitutives du système. Le pouvoir d'adaptation devient ainsi extrême mais la complexité de l'approche le réserve à une minorité. Dans des travaux plus récents traitant notamment de la migration d'applications Dourish s'oriente vers des solutions moins lourdes techniquement mais qui conservent des caractéristiques d'inspection et de modification pour l'utilisateur. Cette activité réflexive peut être intégrée dans l'usage naturel de l'outil tout comme nous utilisons chaque jour certains objets domestiques à la fois comme artefacts et comme outils. Ceci passe notamment par la prise en compte des « *pratiques* » (formes réelle d'engagement dans une activité) plutôt que des contextes (ensemble descriptif de caractéristiques) afin de

donner un rôle central aux significations attribuées aux objets et aux actions par les utilisateurs en terme de conséquences et d'interprétation pour eux-mêmes et pour les autres (Dourish, 2004).

Bourguin *et al.* (2001) ont également introduit le concept de co-évolution qui consiste à partager la (re)conception d'un système entre les acteurs (utilisateurs, experts, informaticiens...) dans un environnement supportant un domaine d'activités, mais supportant aussi sa propre activité coopérative de (re)conception. Dans ses derniers travaux, il souligne l'importance de considérer la méta-activité qui consiste à faire évoluer une activité donnée, comme une activité à part entière et pas seulement une extension de la dite activité (Bourguin et Derycke, 2005). Dans notre contexte, cela signifie que si l'on souhaite laisser un certain nombre de degrés de liberté à l'utilisateur pour l'adaptation d'un système, l'activité d'adaptation doit être considérée comme une activité à part entière, éventuellement collaborative, et qu'elle ne peut se résumer au paramétrage d'un outil.

La co-évolution conduit également à considérer les systèmes socio-techniques comme des systèmes dont les composants (humains et techniques) interagissent et influencent leurs évolutions mutuelles. De fait, il est nécessaire que les concepteurs des systèmes comprennent les structures sous-jacentes et les natures des changements potentiels, les processus d'adaptation étant généralement non prédictibles (Kaplan & Seebeck, 2001).

Parce que l'adaptation par l'utilisateur d'un système nécessite obligatoirement un certain niveau de compréhension de la structure des logiciels et de leurs modes de fonctionnement, Mørch (2000) milite quant à lui pour une collaboration indirecte entre les concepteurs et les utilisateurs finaux passant par l'utilisation de représentations multiples (modèles plus ou moins orientées système) permettant à ces derniers de mieux comprendre la structure des logiciels.

Selon nous, cette collaboration indirecte entre concepteurs et utilisateurs peut probablement être facilitée si l'on se place dans une approche *model-based* permettant la définition de *patterns* ou patrons. Issus initialement des travaux de Gamma *et al.* (1995), ces patrons peuvent être orientés génie logiciel, on parle alors de patrons de conception, d'interaction, de codage, d'architecture..., ou couvrir des aspects non logiciels, on trouve alors des patrons organisationnels, orientés processus, orientés business, etc. Le lecteur pourra se référer au site <http://hillside.net/patterns/> pour trouver une littérature abondante sur ces différents *patterns*. Chaque patron décrit une solution générique à un problème clairement explicité. La conception voire la mise en œuvre d'une application peut être grandement facilitée par l'assemblage de composants en utilisant ces patrons. L'adaptation peut alors consister en la sélection de patterns adéquats. Cette sélection peut-être automatisée ou confiée à l'utilisateur car la nature même des patrons permet sans doute une bonne accessibilité (présentation visuelle, explicitation des contraintes et des conditions de mise en œuvre). Un apport majeur de cette approche réside donc dans la granularité de la standardisation. En proposant une granularité fine de standardisation (le pattern et sa mise en œuvre avec des composants par exemple) on concilie certains avantages (solutions validées, règles d'utilisation explicites, uniformisation des référentiels, etc.) tout en proposant les degrés de liberté nécessaires à l'adaptation. Cette approche est par ailleurs compatible avec l'approche MDA (Model Driven Architecture) promue par l'OMG (www.omg.org/mda).

5 Conclusion

Dans un domaine de recherche particulièrement actif et créatif, celui des IHM adaptatives sur lequel nous travaillons depuis plusieurs années, il nous a semblé nécessaire de prendre le temps d'analyser en profondeur les atouts et les limites de ces technologies. A partir d'études techniques, psychologiques et philosophiques, nous avons tenté d'évaluer l'opportunité des choix entre uniformiser et adapter. Le point de vue historique nous a semblé utile car il éclaire un problème plus complexe qu'il peut apparaître. L'exemple des environnements de programmation est à ce titre exemplaire, où l'on a vu apparaître des difficultés de collaboration entre les informaticiens lorsque la personnalisation de leurs outils et méthodes n'était pas suffisamment encadrée, ce qui a pu, au moins temporairement, engendrer un mouvement de balancier violent dans le sens inverse avec une uniformisation et un verrouillage des postes de travail. La tension entre ces deux tendances se traduit donc par des avantages et inconvénients relatifs à l'une et l'autre option. Le tableau 2 résume les points évoqués précédemment.

	Uniformisation	Adaptation
Intérêts	<ul style="list-style-type: none"> -Référence communautaire voire culture de masse (§ 2.1). -Transfert d'apprentissage entre applications (§ 4.1). -Réutilisation et interopérabilité (§ 4.1). -Simplicité de mise en œuvre et de maintenance (économie) (§ 2.2). -"Sureté" et contrôle du processus. (§ 2.2) 	<ul style="list-style-type: none"> -Ergonomie (confort et efficacité dans l'interaction) (§ 3.1). -Interaction personnalisée et reconnaissance de l'utilisateur (§ 3.2). -Flexibilité et souplesse d'usage (§ 3.2). -Prise en compte du contexte et de la situation d'usage (§ 3.1).
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> -Non prise en compte des différences inter-individuelles (§ 3.1). -Décontextualisation (§ 3.1). -Rigidité (§ 3.2). 	<ul style="list-style-type: none"> -Risque d'isolement (§ 2.1). -Complexité de mise en œuvre et d'évaluation (§ 4.4). -Effets négatifs lors d'une mauvaise adaptation (§ 4.4).

Tableau 2 : Intérêts et inconvénients des approches extrêmes d'uniformisation et d'adaptation

Il apparaît alors clairement, qu'une solution optimale ne pourra être trouvée qu'en arrivant à combiner ces deux approches. Trop d'uniformisation rigidifie les produits et empêche toute contextualisation tandis que trop d'adaptation peut conduire à une perte de repères et à un risque accru d'erreurs. En s'appuyant sur notre travail, il est sans doute possible d'élaborer un certain nombre d'heuristiques permettant d'aider le concepteur à choisir entre adaptation et uniformisation chaque fois que cela est nécessaire.

Cependant, entre l'adaptation et la l'uniformisation, les frontières demeurent d'autant plus mouvantes, que le développement informatique participe à une dynamique sur-évolutive et sur-efficace. Ce sur-régime signifie concrètement qu'aucun acteur ne maîtrise l'évolution de la technologie, qu'aucun usager ne maîtrise toutes les potentialités de sa machine, pour des raisons non pas accidentelles mais inhérentes à l'ordinateur. L'enjeu du développement actuel de l'informatique consiste

sans doute à identifier et trier les éléments qui doivent être invariants et les parties qui peuvent être personnalisées. Ce tri doit obéir à une logique d'optimisation qui relève à la fois de paramètres techniques, sociaux et temporels : il faut conserver des structures invariantes pour garantir un repérage aisé des utilisateurs, tout en introduisant des degrés de liberté qui leur permettent de faire évoluer, corriger et réorienter souplement leurs actions. La conjonction de ces deux critères doit maximiser la flexibilité de l'usage tout en minimisant ses contraintes : projetée sur une courbe, cette logique *maximin* peut dévoiler plusieurs points optimaux, qui correspondraient par exemple à plusieurs modèles utilisateurs, chacun ayant ses propres limites. Toute la difficulté revient à construire la courbe ; or ce travail requiert la collaboration de plusieurs disciplines, qui prennent en compte l'épaisseur de l'action humaine face à une machine. Avant même les enjeux de production et de marché, les choix entre standardisation et adaptation concernent en effet l'interaction : celle-ci ne se réduit pas à un problème technologique, mais englobe des dimensions psychologiques et organisationnelles, et s'inscrit dans l'horizon philosophique qui donne sens au devenir conjoint de l'homme et de la technique. Dans ce contexte, nous avons cherché à montrer qu'un équilibre pouvait sans doute être trouvé en combinant des propriétés de réflexivité des systèmes, afin de permettre une co-évolution du système et des utilisateurs, avec une approche à base de *patterns* qui confère au système une certaine forme de standardisation à travers des solutions éprouvées et récurrentes. La granularité fine de cette standardisation permet d'élaborer des techniques d'adaptation tout en conservant une forme d'uniformisation plus subtile, mais plus efficace et plus profonde.

Remerciements

Les auteurs expriment leurs très sincères remerciements aux relecteurs anonymes de la revue pour leurs nombreuses et constructives remarques.

Références

- Aalto, L., Göthlin, N., Korhonen, J., Ojala, T. (2004). Bluetooth and WAP Push Based Location-Aware Mobile Advertising System. In *Second International Conference on Mobile Systems, Applications and Services*, Boston, MA, 49-58.
- Abrams, M., Phanouriou, C., (1999). UIML: An XML Language for Building Device-Independent User Interfaces. In *Proc. XML '99*, Philadelphia, december.
- Arendt, H., (1972). *La crise de la culture*, Paris : Gallimard.
- Arendt, H., (2002). *Les origines du totalitarisme*. Paris : Gallimard.
- Bass, L., Little, R., Pellegrino, R., Reed, S., Seacord, S., Sheppard, S., Szesur, M. (1991). The Arch model: Seeheim revisited. *Proceedings of User Interface Developers' Workshop*, Seeheim.
- Bannon, L.J., (1991). From Human Factors to Human Actors: the Role of Psychology and Human-Computer Interaction Studies in System Design. In Greenbaum, J. & Kyng, M. (Eds.), *Design at work*, Hillsdale N.J. Lawrence Erlbaum, 25-44.
- Bannon, L.J., Button, G., Rogers, Y. (eds.) (1993). Actes du *Workshop "rethinking theoretical frameworks for HCI"*. *Interchi'93*, Amsterdam 24-25 avril, 179 p.

- Bastien, J.M.C., Leulier, C., Scapin, D.L. (1998). L'ergonomie des sites web. In *Créer et maintenir un service Web*, J.-C. Le Moal & B. Hidoine (eds.), ADBS Edition, 111-173.
- Beadle, P., Harper, B., Maguire, G.Q., Judge, J. (1997). Location Aware Mobile Computing. *Proc. of IEEE Intl. Conference on Telecommunications*, Melbourne, Australia.
- Bobillier Chaumon, M.E. (1992). *Intervention psycho-ergonomique sur le poste informatisé des gestionnaires de retraite*. Rapport d'étude, IRCANTEC/Caisse des Dépôts et Consignations - Département de Psychologie, Université de Metz.
- Bobillier Chaumon, M.E. (1998). Changements techniques et évolution des compétences. *Connexions, les Compétences Professionnelles*, 70, 165-180
- Bourguin, G., Derycke, A., (2000). A Reflective CSCL Environment with Foundations Based on the Activity Theory. In *Proceedings of ITS'2000, Fifth International Conference on Intelligent Tutoring Systems*, vol. 1839, Montreal, Canada, Verlag, Springer, 272-281.
- Bourguin, G., Derycke, A., Tarby, J.C. (2001). Beyond the Interface : Co-evolution inside Interactive Systems - A proposal founded on Activity Theory. In *Proceedings of IHM-HCI 2001 conference, People and computer XV-Interactions without Frontiers*, Blandford, Vanderdonckt, Gray (eds.), Lille, France, Springer Verlag, 297-310.
- Bourguin, G., Derycke, A., (2005). Systèmes Interactifs en Co-évolution, Réflexions sur les apports de la Théorie de l'Activité au support des Pratiques Collectives Distribuées. *Revue d'Interaction Homme-Machine*, vol. 6, n.1, 1-31.
- Brangier, E. (2000). *Psychologie ergonomique de l'assistance technique : Approche symbiotique des relations homme - technologie - organisation*. Rapport de synthèse présenté en vue d'obtenir l'habilitation à diriger des recherches. Université Paris V.
- Brangier, E., Hudson, K., Parmentier, H. (1994). User impacts of Alpin expert system. In *Simulation based experiential learning*, Towne, D. Ton De Jong, T., Spada, H. (eds.), 261-272. Berlin : Springer Verlag.
- Breton, Ph. (1990). *Une histoire de l'informatique*. Paris. Seuil, 1987, rééd. 1990.
- Browne, D., Totterdell, P., Norman, M. (1990). *Adaptive user Interfaces ?* Academic Press Inc, San Diego : California.
- Bruner, J. (1991). *Car la culture donne forme à l'esprit : de la révolution cognitive à la psychologie culturelle*. Paris : Trad. fcse, Editions Eshel, collection Psychologie.
- Brusilovsky, P., Pesin, L., Zyryanov, M. (1993). Towards an adaptive hypermedia component for an intelligent learning environment. In *Human-Computer Interaction*, Bass L.J., Gornostaev J. and Unger C. (eds.), Springer-Verlag, Berlin, 348-358.
- Brusilovsky, P. (1996). Methods and Techniques of Adaptive Hypermedia. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, vol.6, 87-129.
- Brusilovsky, P. (2002). Adaptive hypermedia. *User Modeling and User Adapted Interaction*, 11 (1-2), 87-110.
- Burke, R. (2002). Hybrid Recommender Systems: Survey and Experiments. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 12(4), 331-370.
- Callon, M., Lascousme, P., Barthe, Y. (2001). *Agir dans un monde incertain, Essai sur la démocratie technique*. Paris : Seuil.

- Calvary, G., Coutaz, J., Thévenin, D. (2001). Supporting context changes for plastic user interfaces: a process and a mechanism. In *IHM-HCI2001, People and Computer XV – Interaction without Frontiers*, Blanford A., Vanderdonck J., Gray P. (eds.), Springer, 349-363.
- Calvary, G., Coutaz, J., Thevenin, D., Limbourg, Q., Bouillon, L., Vanderdonck, J. (2003). A unifying reference framework for multi-target user interfaces. *Interacting With Computers*, Vol. 15(3), 289-308.
- Card, S.K., Moran, T.P., Newell, A. (1983). *The psychology of human-computer interaction*. Hillsdale, New jersey: Lawrence Erlbaum associates.
- Caroll, J.M. (1991). The Kittle House Manifesto. In Caroll J.M. (ed.), *Designing interaction, Psychology at the Human-Computer-Interface*, Cambridge University Press, New-York.
- Cheverst, K., Davies, N., Mitchell, K., Efstratiou, C. (2001). Using Context as a Crystal Ball : Rewards and Pitfalls. *Personal and Ubiquitous Computing*, 5(1), 8-11.
- Chin, D.N. (2001). Empirical Evaluation of User Models and User-Adapted Systems, *User Modeling and User-Adapted Interaction*, Vol. 11, Issue 1-2, 181-194.
- Cingil, I., Dogac, A., Azgin, A. (2000). A broader approach to personalization. *Communication of the ACM*, 43(8), 136-141.
- Coutaz, J. (1987). PAC, an Implementation Model for Dialog Design. In *Proceedings of Interact'87*, Stuttgart, 431-436.
- Coutaz, J. (1990). Architecture Models for interactive software: Failures and Trends, In *Engineering for Human-Computer Interaction*, G. Cockton (ed.), Elsevier Science Pub, 137-153.
- CC/PP (2004) <http://www.w3.org/TR/CCPP-struct-vocab/>
- Davezies, P. (1991). Eléments pour une classification des fondements épistémologiques d'une science du travail. In *Actes du colloque de la Société Française de Psychologie*, Clermond-Ferrand, France, Novembre.
- De Bra, P., Aerts, A., Smits, D., Stash, N. (2002). AHA! Version 2.0, More Adaptation Flexibility for Authors. In *Proceedings of the AACE ELearn'2002 conference*, 240-246.
- Dejours, C. (1993). Intelligence pratique et sagesse pratique : deux dimensions méconnues du travail réel. *Education permanente : Comprendre le travail*, 116, 47-70
- Delmond, D.H. (1995). Perception, rôle et mode de gestion de l'informatique dans les entreprises : le cas des services études. In Actes du 10^o colloque Européen en Informatique et Société (CREIS), "Responsabilités sociales et formation des acteurs de l'informatisation", Belgique, Namur, 57-68.
- Demailly, A., Lemoigne, J.L. avec Simon, H.A. (1986). *Sciences de l'intelligence et Sciences de l'artificiel*. Lyon : PUL.
- Dieterich, H., Malinowski, U., Kühme, T., Schneider-Hufschmidt, M. (1993). *State of the Art in Adaptive User Interfaces*. In *Adaptive user interfaces*, M. Schneider-Hufschmidt, U. Malinowski (Eds.), North-Holland, 13-48.

- Dourish, P. (1995). Developing a Reflective Model of Collaborative Systems. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 2(1), March 1995, 40-63.
- Dourish, P. (2004). *What We Talk About When We Talk About Context*. Personal and Ubiquitous Computing, 8(1), 19-30.
- Dreyfus, H. (1984). *Intelligence artificielle : mythes et limites*. Trad.fcse Paris, Flammarion (version originale en 1972 et 1976)
- Ellül, J. (1977). *Le système technicien*. Paris : Calmann Lévy.
- Felder, R.M. (1996). Matters of styles. *ASEE Prism*, 6(4), 18-23.
- Fink, J., Kobsa, A., Pohl, W.A. (1996). *Standard for the Performatives in the Communication between Applications and User Modeling Systems*. Draft, Available at <ftp://ftp.informatik.uni-essen.de/pub/UMUAI/others/rfc.ps>.
- Fink, J., Kobsa, A., Nill, A. (1997). Adaptable and Adaptive Information Access for All Users, Including the Disabled and the Elderly. In *Proc. Sixth International Conference on User Modeling*, Chia Laguna, Sardinia, 2-5 June.
- Fischer, G. (1991). Putting the owners of problems in charge with domain-oriented design environments. In *NATO Workshop on User-centred requirements for software engineering environments*, 297-307, Bonas (France), 5-10 sept. 91.
- Fischer, G., (2001). User Modeling in Human-Computer Interaction. *User Modeling and User-Adapted Interaction Journal*, 11(1-2), 65-86.
- Fodor, J.A. (1983). *La modularité de l'esprit*. Trad.fcse, Paris : Editions de Minuit.
- Foley, J.D, Van Dam, A., Feiner, S.K, Hugues, J.F (1990). *Computer Graphics : principles and practice* (second edition). Addison-Wesley, Reading, MA.
- Foucault, M., (1994). *Dits et écrits*. Paris : Gallimard.
- Fowler, C.J.H., Macaulay, L.A., Fowler, J.F. (1985). The Relationship Between Cognitive Style and Dialogue Style. In *Proceedings of the HCI'85 Conference on People and Computers: Designing the Interface*, 186-198.
- Frasincar, F., Houben, G-J. (2002). Hypermedia Presentation Adaptation on the Semantic Web. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems*. De Bra P., Brusilovsky P. & Concejo R., (Eds.) Malaga, Spain, 133-142.
- Gamma, E., Helm, R., Johnson, R., Vlissides, J. (1995). *Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software*. Addison-Wesley, Reading, Mass.
- Gardner, H. (1993). *Histoire de la révolution cognitive : la nouvelle science de l'esprit*. Trad.fcse, Paris : Payot.
- Garfinkel, H. (1986). *Ethnomethodological Studies of Work*. Londres, Routledge ans Kegan Paul.
- Gibson, J.J. (1979). *The Ecological Approach to Visual Perception*. Boston : Houghton-Mifflin.
- Goffman, E. (1988). La situation négligée. In Y. Winkin (textes recueillis), *Les moments et leurs hommes*, Goffman, E., Paris, Seuil/Minuit, 143-149.

- Habieb-Mammar, H., Tarpin-Bernard, F., Prevot, P. (2003). Adaptive Presentation of Multimedia Interface Case study: "Brain Story" Course. In *User Modeling Conference*, Springer Verlag, Pittsburgh, Juin, 15-24.
- Hoc, J.M. (1987). *Psychologie cognitive de la planification*. Grenoble : PUG.
- Höök, K. (1996). *A Glass Box Approach to Adaptive Hypermedia*. Doctorate Thesis, Dept. of Computer and Systems Sciences, Stockholm University, October.
- Hutchins, E.L., Hollan, J.D., Norman, D.A. (1986). Direct manipulations interfaces. In *User Centered System Design*, D.A. Norman, J.W. Draper (eds.), Hillsdale, New Jersey Lawrence Erlbaum associates, 87-124.
- Hutchins, E.L. (1995). *Cognition in the Wild*. The MIT Press.
- Jameson, A. (2003). Adaptive interfaces and agents. In J.A. Jacko & A. Sears (Eds.), *The Human Computer Interaction Handbook*, Mahwah, NJ: Erlbaum, 305-330.
- Jünger, E. (1932). *Der Arbeiter. Herrschaft und Gestalt*, Hamburg, Hanseatische verlagsanstalt.
- Kaplan, S., Seebeck, L. (2001). Harnessing complexity in CSCW. In *Proc. European Conference on Computer Supported Collaborative Systems 2001 (ECSCW-01)*, Bonn, Germany, September, 359-378.
- Kobsa, A. (1993). User modeling: Recent work, prospects and hazards. In *Adaptive user interfaces*, M. Schneider-Hufschmidt, U. Malinowski (Eds.), North-Holland, 111-128.
- Kobsa, A. (2001). Generic user modeling systems. *User Modeling and User-Adapted Interaction Journal*, 11(1-2), 49-63.
- Koch, N. (2000). *Software Engineering for Adaptive Hypermedia Systems – Reference Model, Modelling Techniques and Development Process*. Thèse de Doctorat, faculté de mathématique et informatique, université Ludwig-Maximilians, München.
- Kolski, C., Le Strugeon, E., (1998). A review of intelligent human-machine interfaces in the light of the ARCH model. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 10 (3), 193-231.
- Kuutti, K. (1996). Activity theory as a Potential Framework for Human-Computer-Interaction Research. In B.A. Nardi (Ed.), *Context and consciousness : Activity theory and Human-Computer Interaction*, MIT Press, 17-44.
- Lacroix, G., Burnier, M. (1995). L'informatique comme représentation du social. In *10e Colloque Européen en Informatique et Société (CREIS) : Responsabilités sociales et formation des acteurs de l'informatisation*, Belgique, Namur, Juin
- Landauer, T.K. (1991). Let's get real : a position paper on the role of cognitive psychology in the design of humanly useful and usable systems. In *Designing interaction: Psychology of the Human-Computer Interface*, J. Carroll (eds.), New-York : Cambridge University Press, 60-73.
- Lassègue, J., Visetti, Y-M. (2002). Que reste-t-il de la représentation ? *Intellectica*, 2, n°35, 7-25.

- Laurel, B.K. (1986). Interface as mimesis. In *User Centered System Design : new perspectives on human-computer interaction*, D.A. Norman, J.P. Draper (eds.), Hillsdale, New-Jersey : Lawrence Erlbaum associates, 67-86.
- Lave, J. (1988). *Cognition in practice*. Cambridge : University Press.
- Léchevin, J.P., Le Jolliff, G., Lanoë, D. (1993). Vivre les nouvelles technologies: Perception et vécu de la charge de travail et de l'organisation du travail. *Cahier Travail et Emploi*, 56, 4-18.
- Leontiev, A.N. (1978). *Activity, Consciousness, Personality*. Englewood Cliffs, N.J. : Prentice Hall.
- Linard, M. (1996). *Des hommes et des machines*. Paris, l'Harmattan.
- Limbourg, Q., Vanderdonckt, J., Michotte, B., Bouillon, L., Florins, M., Trevisan, D., (2004). USIXML: A User Interface Description Language for Context-Sensitive User Interfaces. In *AVT'2004 Workshop "Developing User Interfaces with XML"*, K. Luyten, M. Abrams, Q. Limbourg, J. Vanderdonckt (Eds.), Gallipoli, 55-62.
- Linden, G., Hanks, S., Lesh, N. (1997). Interactive Assessment of User Preference Models: The Automated Travel Assistant. In A. Jameson, C. Paris, C. Tasso (Eds.), *User Modeling: Proceedings of the Sixth International Conference, UM97*, 67-78, Springer.
- Luria, A.R. (1979). *The making of Mind : a Personal Account of Soviet Psychology*. Harvard University Press.
- Maggi, B. (1996). Coopération et coordination : enjeux pour l'ergonomie. In J.C. Sperandio (ed.), *L'ergonomie face aux changements technologiques et organisationnels du travail humain*, Toulouse : Octarès, 11-25.
- Malone, T.W., Lai, K.Y., Fry, C. (1995). Experiments with Oval: A radically tailorable tool for cooperative work. *ACM Transactions on Information Systems*, 13, 2, 177-205.
- Mobasher, B., Cooley R., Srivastava, J. (2000). Automatic Personalization Based on Web Usage Mining. *Communication of the ACM*, n°43, vol. 8, 142-151.
- Mørch, A.I., Mehandjiev, N.D. (2000). Tailoring as Collaboration: The Mediating Role of Multiple Representations and Application Units. *Computer Supported Cooperative Work* 9(1), 75-100.
- Mulhmann, D. (2001). Des nouvelles technologies à l'image des vieilles organisations. *Sociologie du Travail*, 3, 327-347.
- Nardi, B.A. (1996). *Context and consciousness: Activity theory and Human-Computer Interaction*. MIT Press.
- Newell, A., Simon, H.A. (1972). *Human Problem Solving*. Englewoods-Cliffs, N.J. : Prentice Hall.
- Nielsen, J. (2000). *Conception de sites web : L'Art de la simplicité*. Campus Press.
- Norman, D.A. (1986). Cognitive engineering. In *User Centered System Design : new perspectives on human-computer interaction*, D.A. Norman, J.W. Draper (eds.), Hillsdale, New-Jersey : Lawrence Erlbaum associates, 31-61.
- Norman, D. (1988). *The Psychology of Everyday Things*. NY : Basic Books.

- Norman, D. (1999). Affordances, conventions and design. *Interactions*, may/june 1999, New-York : ACM, 38-42.
- Norman, D.A. (1991). Cognitive artefacts. In *Designing interaction psychology at the human-computer-interface*, J.M. Carroll (eds.), Cambridge, Cambridge University Press.
- Oppermann, R., Rashev, R., Kinshuk (1997). Adaptability and Adaptivity in Learning Systems. In *Proc. on Knowledge Transfer*, Behrooz A. (ed.) London, vol. 11, 173-179.
- Payne, J.F, Green, T.R.G (1986). Task-Action-Grammars : A model of the mental representation of task langages. *Human-computer interaction*, 2, 93-133.
- Peinel, G., Rose, T., Sedlmayr, M. (2003). APNEE: Air Pollution Network for Early Warning and Information Exchange in Europe. In *3rd International Symposium on Digital Earth*, Brno, Czech Republic.
- Pfaff, G., Hagen., P. (Eds.) (1985). *Seebeim Workshop on User Interface Management Systems*, Berlin : Springer-Verlag.
- Queré, L. (1997). La situation toujours négligée. *Réseaux*, n°85, 163-192.
- Raad, H., Causse, B. (2002). Modelling of an Adaptive Hypermedia System Based on Active Rules. In *Proceedings of ITS 2002*, Cerri S.A., Gouardères G. & Paraguaçu F. (Eds.), Biarritz, France and San Sebastian, Spain, 149-157.
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies : approche cognitive des instruments contemporains*. Paris : Armand Colin.
- Rich, E. (1983). Users are Individuals: Individualizing User Models. *International Journal of Man-Machine Studies*, 3 (18), 23-46.
- Rich, E. (1989). Stereotypes and user modelling. In *Users models in dialog systems*, A. Kobsa, W. Wahlster (Eds.), Berlin: Springer-Verlag, 35-51.
- Ricoeur, P., (1987). *Histoire et vérité*. Paris : Seuil.
- Rogers, Y. (2004). New theoretical approaches for HCI. *Annual Review of Information Science and Technology*, 38, 87-143.
- Rosenberg, M. (2001). *The personalization story*, Disponible sur : <http://www.itworld.com/Man/2676/ITW010511rosenberg>.
- Rossi, G., Schwabe, D., Guimaraes, R. (2001). Designing Personalized Web Applications. In *10th International World Wide Web Conference (WWW10)*, Hong Kong, ACM Press, 275-284.
- Saikali, K., Boutros, N., David, B.T. (1999). An Adaptive Workflow Management System for a Semi Automated Disassembly Platform. In *Workflow Management'99, Conference on Workflow Based Applications*, Muenster, Germany, 54-69.
- Samaan, K., Tarpin-Bernard, F. (2003). L'Utilisation de Patterns d'Interaction pour l'Adaptation d'IHM Multicibles. In *Proc. of IHM 2003*, International Conference Proceedings Series, Caen, ACM Press, 2003.
- Scapin, D-L., Bastien, C. (1996). *Inspection d'interfaces et critères ergonomiques*. INRIA Rapport de Recherche.
- Schederman, B. (1998). *Designing the User Interface : Strategies for Effective Human-Computer-Interaction*. Third edition, Addison-Wesley.

- Schmidt, A. (2000). Implicit Human Computer Interaction Through Context. *Personal Technologies*, Vol. 4 (2-3), 191-199.
- Searle, J. (1992). *La redécouverte de l'esprit*. Paris : Gallimard.
- Serres, M. (1985) *Statues*, Paris, Flammarion.
- Shim, J.P., Warkentin, M., Courtney, J.F., Power, D.J., Sharda, R., Carlsson, C. (2002). Past, present and future of decision support technology. *Decision Support Systems*, Vol. 33, n° 2, 111-126.
- Sorensen, E.K. (1992). Metaphors and the design of the human interface. In A.R. Kaye (ed.), *Collaborative learning through computer conferencing*, The Najaden papers, NATO, ASI Series, Berlin, Springer-Verlag, 189-199.
- Stephanidis, C., Savidis, A. (2003). Unified User Interface Development. In J. Jacko & A. Sears (Eds.), *The Human-Computer Interaction Handbook - Fundamentals, Evolving Technologies and Emerging Applications*, Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1069-1089.
- Suchman, L. (1987). *Plans and situated actions*. Cambridge University Press.
- Tarpin-Bernard, F. (1997). *Travail Coopératif Synchronisé Assisté par Ordinateur : Approche AMF-C*. Thèse de Doctorat, Ecole Centrale de Lyon.
- Tarpin-Bernard, F., David, B.T. (1997b). AMF a new design pattern for complex interactive software? In *International HCI'97 - Advances in Human Factors/ Ergonomics - Design of Computing Systems*, Vol. 21B, Elsevier, San Francisco, 351-354.
- Terresac (de), G. (1990). La genèse des savoir-faire. Les savoirs professionnels : *Travail Idéologies Pratiques*. 9, 133-145.
- Terresac (de), G. (1992). *L'autonomie dans le travail*. Paris : PUF.
- Thévenin, D., Coutaz, J. (1999). Plasticity of user interfaces: framework and research agenda. In *Proceedings of Interact'99*, vol. 1, Edinburgh: IFIP, IOS Press, 110-117.
- Thévenin, D. (2001). *Adaptation en Interaction Homme-Machine : Le cas de la plasticité*. Thèse de doctorat en informatique, Université J. Fourier, Grenoble.
- Thévenin, D., Coutaz, J., Calvary, G. (2003). A Reference Framework for the Development of Plastic User Interfaces. In *Multi-Device and Multi-Context User Interfaces: Engineering and Applications Frameworks*, A. Seffah, H. Javahery (eds.), Chichester, West Sussex, England: John Wiley & Sons, Ltd, 29-51.
- Touraine, A., (1997). *Pourrons nous vivre ensemble?* Paris : Fayard.
- Vacherand-Revel, J. (1995). Articulation du social et du cognitif. *Psychologie du travail et des organisations*. Numéro thématique : *Travail et automatisation*, Vol.1, n°4, 17-26.
- Vacherand-Revel, J., Tarpin-Bernard, F., David, B.T. (2001). Des modèles de l'interaction à la conception participative des logiciels interactifs. In *Conception : entre science et art*, J. Perrin (ed.), Lausanne, Presse Polytechnique Romande, 239-255.
- Vanderdonckt, J., Grolaux, D., Van Roy, P., Limbourg, Q., Macq, B., Michel, B. (2005). A Design Space For Context-Sensitive User Interfaces. In *Proceedings of the 14th International Conference on Intelligent and Adaptive Systems and Software Engineering (LASSIE-2005)*, Toronto, Canada, 207-214.

- Varela, F. (1989a). *Connaître les sciences cognitives, tendances et perspectives*. Trad.fcse, Paris : Seuil
- Varela, F. (1989 b). *Autonomie et connaissance : essai sur le vivant*. Trad.fcse, Paris : Seuil.
- Varela, F., Thompson, E., Rosch, E. (1993). *L'inscription corporelle de l'esprit : sciences cognitives et expérience humaine*. Trad.fcse, Paris, Seuil.
- Vygotski, L.S. (1962). *Thought and Language*. Cambridge, MIT Press. Edition originale de 1934 et 1985 pour la Trad. Fcse, : « Pensée et langage ».
- Wahlster, W. (1991). User and discourse models for multimodal communication. In *Intelligent user interfaces*, J.W. Sullivan, S.W. Tyler, (eds.), New-York, ACM Press, 45-67.
- Weiser, M. (1993). Some Computer Science Problems in Ubiquitous Computing, *Communications of the ACM*, 36(7), 75-84.
- Winograd, T., Flores, F. (1989). *L'intelligence artificielle en question*. Trad.fcse, Paris : PUF.