

→ É. Brangier (1),
M.É. Bobillier Chaumon (2),
W. Cybis de Abreu (3),
G. Michel (4), P. Pino (5),
C. Ribert - Van de Weerd (6)

(1) Laboratoire ETIC, Université de Metz, France ;
e-mail : brangier@zeus.univ-metz.fr.

(2) Laboratoire ICTT, Ecole Centrale de Lyon,
France.

(3) Laboratório de Utilizabilidade, Universidade
Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa
Catarina, Brésil.

(4) Laboratoire d'Ergonomie, Université Paris 5, et
Laboratoire ETIC, Université de Metz, France.

(5) Laboratoire d'Automatique des systèmes coopé-
ratifs, Université de Metz, France.

(6) Département Homme au Travail, Laboratoire
d'Ergonomie et psychologie appliquées à la préven-
tion, centre de Lorraine, INRS, Vandœuvre-lès-
Nancy, France ;

e-mail : corinne.vandeweerd@inrs.fr.

PSYCHOERGONOMIC ANALYSIS OF THE INTERACTION BETWEEN HUMANS AND NICTS

Today, humans live in worlds that they create themselves. They are no longer fully in touch with nature, but with technology. In regular contact with machines, they find themselves in an environment increasingly made up of technologies linked to information, knowledge and communication, which together form what we call the digital environment. By advancing technology, humans themselves have evolved and have had to adapt to a series of psychosocial changes. Insofar as human activity itself is recomposed by technology, it would appear that with the passage of time this technology has become a subject of study for psychologists. This is what is covered in this article, which examines certain research work carried out on the relationships of humans with digital environments in both occupational and domestic settings. After characterising the concept of the digital environment, it goes on to present theoretical approaches before describing four research projects undertaken in this field.

● ergonomics ● human-machine
interaction ● new technologies
● psychology

Analyse psycho- ergonomique de l'interaction entre l'homme et les NTIC

(nouvelles technologies de l'information
et de la communication)
Introduction à une psychologie
de « l'environnement digital »

Aujourd'hui, l'homme vit dans des mondes qu'il crée lui-même. Il n'est plus tout à fait en relation avec la nature, mais avec la technologie. Régulièrement en contact avec des machines, il se trouve dans un environnement de plus en plus fait de technologies liées à l'information, la connaissance et la communication, qui forment ensemble ce que nous appelons l'environnement digital. En faisant évoluer la technologie, l'homme a évolué lui-même et a dû s'adapter à toute une série de changements psychosociaux. Dans la mesure où l'activité humaine devient elle-même recomposée par la technologie, il apparaît que cette technologie s'est constituée, au fil du temps, comme un objet d'étude de la psychologie. C'est ce qui est abordé dans cet article. Dans celui-ci, figure un ensemble de recherches menées sur les relations de l'homme aux environnements digitaux dans les situations de travail et de vie domestique. Après la caractérisation de la notion d'environnement digital, les orientations théoriques sont présentées ; puis quatre recherches menées dans ce domaine sont exposées.

● ergonomie ● interaction ● homme-machine ● nouvelles technologies
● psychologie

Aujourd'hui, l'homme vit dans des mondes qu'il crée lui-même. Il n'est plus tout à fait en relation avec la nature, mais avec la technologie. Il travaille à programmer des ordinateurs qui vont exécuter des logiciels qui vont faire un travail pour l'homme. Il se fait aider par des assistants techniques qui le conseillent dans la réalisation d'une tâche. Il vote électroniquement et choisit ainsi les représentants du peuple. En fait, l'environnement qui nous entoure est de plus en plus fait de technologies, notamment de technologies digitales. L'homme vit donc de plus en plus en relation avec des machines, qui forment ensemble ce que nous appellerons « l'environnement digital ». L'environnement digital est le résultat de facteurs cognitifs qui ont permis de le concevoir, de l'aménager et de l'utiliser, ainsi que de facteurs sociaux et culturels qui correspondent à la manière dont l'activité humaine s'y déroule et s'y développe. L'environnement digi-

tal correspond donc à un « système d'interfaces » où se déroule l'existence humaine, en même temps qu'il constitue une extension de la domination de l'homme sur la nature (Roqueplo, 1989 ; Gaudin, 1993). Comme son nom l'indique l'environnement digital est fait de technologies, mais pas n'importe lesquelles : les technologies digitales, c'est-à-dire les technologies liées à l'information, la connaissance et la communication. En somme, l'environnement digital est un cadre, un lieu matériel et virtuel, un espace communicationnel et cognitif, où nos conduites se produisent, se développent, et parfois s'éteignent. L'homme vit donc de plus en plus en relation avec des environnements digitaux, qui sont ses propres prolongements. Il utilise un téléphone pour parler au loin. Il traite des données statistiques plus rapidement et économise ainsi son temps pour d'autres activités. Il joue dans des espaces virtuels et y rencontre des êtres imaginaires et réels. En fait, au cours

de ces 50 dernières années, l'homme a commencé à vivre de manière régulière et assidue, en symbiose avec des machines (Brangier, 2000). En faisant évoluer la technologie, l'homme a évolué lui-même et a dû s'adapter à toute une série de changements psychosociaux. C'est cette question de la conduite humaine dans la conception et l'usage des nouvelles technologies de l'information et de la communication que nous abordons dans cette étude.

Les technologies nouvelles assistent l'homme dans ses tâches quotidiennes, lui permettent de découvrir l'espace, lui donnent une plus grande espérance de vie grâce à des composants technologiques directement implantés dans le corps humain... Tous les champs de la société sont gagnés par les technologies nouvelles qui se présentent, de plus en plus, comme des artefacts modernes visant à assister l'activité humaine. Dans la mesure où l'activité humaine devient elle-même recomposée par la technologie, il apparaît que cette technologie s'est constituée, au fil du temps, comme un objet d'étude de la psychologie.

Dans ce document, nous allons restituer un ensemble de recherches menées sur les relations de l'homme aux environnements digitaux dans les situations de travail et de vie domestique. Après avoir caractérisé la notion d'environnement digital, nous présenterons nos orientations théoriques, pour finalement restituer quatre recherches menées en ce domaine.

L'émergence de l'environnement digital

Dichotomie entre aspect et fonction

La très grande majorité des objets conçus au cours du XX^e Siècle est fondée sur des techniques, des théories, des découvertes du XIX^e Siècle. Qu'il s'agisse de l'automobile, des moyens de locomotion ou encore des pratiques thérapeutiques, de la mécanique ou de bien d'autres domaines des sciences et techniques, il est patent de constater à quel point les découvertes du XIX^e Siècle ont alimenté les inventions et les innovations du siècle suivant. Ces découvertes, et les

inventions qui les ont suivies, ont toujours mis en évidence la relation qui existait entre l'apparence de l'objet et ses fonctions. Cette analogie entre l'objet et son utilisation, c'est-à-dire entre l'objet et les modes opératoires d'utilisation de l'objet, révèle également une continuité. Les objets issus des découvertes du XIX^e Siècle révèlent ainsi une continuité entre l'aspect externe de l'objet et « ce pour quoi il est fait ». Autrement dit, ces objets présentent, de façon intrinsèque, la relation entre « le faire » et « le voir ». Les aspects externes de ces objets expriment donc d'une certaine manière ce pourquoi ils ont été conçus. Ce phénomène représente sans doute le trait dominant de tous les objets qui ont été conçus jusque dans les décennies 1960-70.

Avec l'ordinateur et a fortiori avec les technologies digitales (*encadré 1*), une discontinuité entre l'apparence de l'objet et son usage voit le jour. C'est là une des caractéristiques de l'environnement digital : la rupture qui existe entre l'apparence des images, sons, textes présents sur les écrans et la technologie qui les supporte, à savoir le microprocesseur.

Les environnements digitaux ont toujours trois composants : le microprocesseur, le programme et bien évidemment l'homme.

Avec le microprocesseur, l'objet, sur le plan matériel, n'est plus à concevoir. Il est conçu ! La diversité apparente des outils informatiques ne doit pas nous masquer qu'ils reposent tous sur le même objet. Objet inapparent au possible : la puce. Quand bien même elle évolue, elle change, se transforme, s'améliore, la puce est l'objet fondamental, l'essence matérielle des environnements digitaux. Elle est omniprésente dans tous ces environnements : télévisions, téléphones, ordinateurs, micro-ondes, magnétoscopes, télécopies, synthétiseurs, consoles de jeux, caisses enregistreuses... Avec la puce, l'esthétique change et évolue. Elle passe d'une esthétique de la forme à une esthétique de la boîte noire. L'esthétique qui s'installe avec les environnements digitaux est donc liée au rapport qui s'établit entre l'utilisateur et l'intérieur de la machine. L'apparence ne nous renseigne plus sur les possibilités de l'outil. Tous les ordinateurs ont la même apparence, la monotonie de leur forme rompt pourtant avec la diversité de leurs programmes, et donc de leurs usages. L'apparence est quasi-identique et les possibilités d'usage quasi-infinies : traitement de textes, téléphonie,

ENCADRÉ 1

PETITE HISTOIRE

L'on s'accorde à dire que la science des « calculateurs » a vraisemblablement débuté avec Babbage (1792-1871) et sa fameuse idée de « machine analytique ». Cette machine - composée de trois éléments constitutifs de l'ordinateur actuel : une « réserve » ou mémoire, une « fabrique » ou processeur, et un « ensemble de modèles d'action » ou programmes - reposait sur une conception prémonitrice de l'ordinateur. Mais, Babbage ne bénéficiant ni d'électricité, ni d'outillage de précision pour réaliser son projet, échoua. C'est plus tard avec Hollerith (1860-1929) que le premier calculateur automatique à cartes perforées vit le jour. En 1924, l'entreprise qu'il avait créée fut intégrée au groupe IBM. Dès lors, l'évolution du matériel fut très rapide. Cette évolution commença avec les premiers ordinateurs à lampes (comme par exemple, l'ENIAC ou l'Univac) qui furent progressivement remplacés, dès 1958, par l'arrivée des ordinateurs à transistors (l'Univac 1107, le Gamma 60 de Bull, ou l'IBM 1401). En 1965, les circuits électroniques vont être beaucoup plus denses pour un volume donné, et on assiste à une première normalisation des systèmes d'exploitation (l'IBM 360...). Les années 1970 amènent un système d'exploitation complet et cohérent (le MVS chez IBM, le SIRIS 8 pour CII-HB...). Les années 1980 vont permettre le développement de la micro-informatique (Apple, Microsoft) et la décennie 1990-2000, l'interconnexion de millions d'ordinateurs par l'Internet. Finalement aujourd'hui, les nouvelles technologies de l'information et de la communication présentent les caractéristiques suivantes :

- **Les dispositifs d'entrées/sorties d'une grande richesse** : ces ordinateurs sont capables de reconnaître et de synthétiser la voix humaine ou des musiques, de proposer des modalités d'interaction non seulement en deux mais aussi en trois dimensions ; de permettre une immersion de l'utilisateur dans un monde virtuel...

- **Le traitement de l'image et des sons** : des images couleurs peuvent être saisies par digitalisation ; des films vidéo numérisés ont de nouveaux supports (webcam, DVD, Cédéroms), des mondes virtuels sont entièrement créés par des ordinateurs...

- **Les langages** : les langages d'interaction et de programmation sont de plus en plus « naturels » ; et tendent grâce aux apports de l'ergonomie des logiciels à être de plus en plus intuitifs.

- **Les réseaux** : le système informatique n'est plus seulement concentré autour d'un ordinateur sur lequel sont branchés des terminaux d'ordinateurs, mais il s'appuie sur un réseau de transmissions à très haut débit où sont connectés les ordinateurs du monde entier.

- **L'apprentissage** : les logiciels ont la possibilité de s'enrichir, d'acquérir des connaissances, de les traiter, de les comparer, de les enregistrer, et de les rappeler. Il acquiert ainsi de l'expérience. Ce principe est celui de l'intelligence artificielle. > >

DES NTIC (1)

>> Cette dernière vise à créer des applications informatiques copiant ou simulant les comportements et raisonnements de l'homme. Elle peut se définir comme étant la discipline de l'automatisation de toutes les activités humaines (perceptives, sensorimotrices et cognitives) pour lesquelles aucune méthode standard n'est connue a priori.

En bref, les NTIC regroupent l'ensemble des techniques applicables aux traitements des informations et à la communication de ces dernières à travers des systèmes hommes-machines. Avec le micro-processeur comme support, elles transforment des symboles représentatifs d'une information en d'autres symboles, qu'elles communiquent, via un réseau, d'une machine vers d'autres. Cette transformation est effectuée par les logiciels. Un logiciel est une partie d'un système informatique, un programme ou une somme de sous-programmes qui déterminent, contrôlent et gèrent les opérations réalisées par l'ordinateur. Les logiciels, tout d'abord très contraints par les impossibilités techniques, ont grandement évolué ces dernières années. Tout comme les matériels, les logiciels actuels sont de plus en plus des logiciels modulaires, intégrés, paramétrables, en temps réel :

■ **Modulaire** : les logiciels sont conçus en modules qui réalisent différentes opérations (édition, calcul, gestion, finance, ordonnancement, impression...). Ces modules sont organisés de manière interdépendante, afin d'essayer de répondre à la demande globale de tous les types d'entreprises.

■ **Intégré** : les modules sont reliés les uns aux autres, et s'informent mutuellement des modifications effectuées sur chaque module.

■ **Paramétrable** : les informations susceptibles de varier (salaires, cours de bourse, prix des matières premières...) résident dans des fichiers modifiables. Les modules prennent en temps réel les informations dans ces fichiers.

■ **En temps réel** : la modification d'une information ou la production d'une nouvelle information est transmise immédiatement et partout... quitte à ce que parfois si un module se grippe, l'ensemble se bloque.

En fait, ces évolutions matérielles et logicielles s'inscrivent dans une logique économique de réduction des coûts et délais de production et de distribution, mais aussi d'amélioration de la qualité du service aux clients et de la maintenance informatique (les systèmes étant plus ouverts, donc reparamétrables). Ceci étant, la rationalisation économique n'explique pas tout : l'évolution des technologies provient surtout d'interactions entre le développement des sciences, les applications commerciales et militaires et la culture généralement libertaire des inventeurs (Castells, 1996).

(1) *Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication.*

simulateurs de vols, gestion de stocks, jeux vidéo... L'esthétique est donc liée à l'utilisateur et au programme. C'est en utilisant les objets que nous en découvrons l'esthétique. Elle n'est donc plus une donnée de fait s'imposant à tous par son apparence. Mais l'objet prend de la valeur par son usage. La perception esthétique de l'objet est non plus seulement liée à l'apparence externe de l'objet, mais aussi et surtout, liée à la capacité évocatrice des programmes. Le microprocesseur nous montre également à quel point l'environnement digital repose sur une machine indéterminée.

L'Âge d'or de la « programmation »

Sur le plan matériel, l'ordinateur est inachevé : c'est seulement une fois le programme lancé qu'il acquiert des possibilités d'usages. De ce point de vue, concevoir revient à envisager la manière dont les gens vont utiliser les machines. En d'autres termes, concevoir des technologies, c'est concevoir ce que les gens vont en faire, c'est en penser les usages. Auparavant, avec les technologies classiques, il s'agissait de transformer la nature et la matière pour les soumettre aux exigences humaines. A présent, avec les technologies digitales, la conception porte son dévolu sur la transformation des états psychologiques des utilisateurs. Il ne s'agit plus d'agir sur la matière mais d'agir sur la pensée ou encore de considérer la matière comme une matière à penser. De ce point de vue, l'environnement digital est devenu un prolongement cognitif de l'individu qui permet de transmettre, stocker, transformer des connaissances. La conception et l'utilisation des environnements digitaux correspond donc à un travail sur le psychologique, ou plus précisément : à un travail qui vise à donner une réalité virtuelle à des données abstraites, à des codes, des langages qui sont ceux du microprocesseur. Cette transformation est réalisée par le programme.

La puce est un objet sans apparence. Son apparence, c'est le programme. Programmer, c'est écrire à l'avance l'action qui se déroulera ultérieurement. C'est encore structurer les initiatives futures. Programmer correspond donc à une série d'interactions entre un texte et un contexte, c'est-à-dire entre une « matrice originale » et les potentialités d'un milieu donné.

Quant à l'homme, la confrontation à un environnement digital est un investisse-

ment intellectuel. Plutôt que de passer son temps à l'exécution de routines, l'homme préserve son temps pour élaborer des programmes. Il programme sa soirée télévision, cinématographique ou théâtrale en sélectionnant les programmes. Il programme l'urbanisation d'un quartier. Il pense des programmes scolaires ou universitaires. Il programme ses vacances et parfois il programme même la vie. Le geste « d'écrire à l'avance » est devenu des plus usuels. La programmation affirme une maîtrise du temps. Pour réussir son futur, il faut le programmer dans le présent. Ainsi, l'homme est moins sujet aux événements externes, il devient acteur de son futur en tentant de le programmer.

L'environnement digital comme cadre comportemental

En somme, l'environnement digital est le produit d'une nouvelle considération sur les technologies qui nous entourent, que nous produisons et qui nous affectent : les conduites humaines se construisent, se réalisent et se développent, pour partie, dans des interfaces qui ne sont pas que des artefacts externes, mais des prolongements cognitifs et sociaux de nos conduites elles-mêmes. Les individus humains participent aux activités de plusieurs environnements digitaux. Ils y réagissent, s'y adaptent et y satisfont des états cognitifs, émotionnels et affectifs. L'environnement digital est donc une construction sociale, c'est-à-dire un ensemble et une suite de résultats d'interventions que la société a exercés sur elle-même. C'est un objet social dans le sens où des normes, des valeurs et des fonctions sur lesquelles une société s'appuie pour exister et se développer, y résident. En tant qu'environnement, il en hérite les propriétés et par conséquent organise les interactions humaines en étant un médiateur des rapports sociaux. C'est donc un instrument social qui structure, autorise ou interdit, facilite ou complexifie, des relations aux autres. En ce sens, l'environnement digital est un système de prescriptions des conduites humaines. Il définit un cadre général prescrivant les comportements à tenir, quand bien même l'individu y réagit en redéfinissant les prescriptions, en les transformant, voire en les pervertissant. Il se présente également donc comme une matière d'interaction et de communication entre l'homme et les automates, ainsi qu'entre les hommes entre eux. Il présente de manière explicite ou implicite des modèles de la communication et des connaissances. La manière d'or-

ganiser l'environnement digital induit des types d'interaction entre les individus, et par effets consécutifs, des formes de fonctionnements organisationnels et institutionnels. Dans ses interactions avec l'environnement digital, l'individu développe des processus psychosociaux : interaction, appropriation, perception, signification, qui ont été appréhendés sous les angles théoriques suivants.

Orientations théoriques pour une psychologie de l'environnement digital

En étant confrontés à un nouvel environnement technologique, nos façons de travailler, de vivre et de penser se trouvent transformées en même temps que le système technique dans lequel elles se déroulent. De ce point de vue, la technologie agit sur l'être humain qui, à son tour, agit sur les facteurs technologiques qui le déterminent. C'est donc bien la nature des relations en œuvre qui permet d'expliquer la valeur des nouvelles technologies et l'orientation de la conduite humaine dans les systèmes technologiques. L'évolution vertigineuse des nouvelles technologies de l'information et de la communication est tout à la fois :

- un facteur de développement de nouvelles formes d'organisation, de production et de gestion,
- un facteur de changements inattendus de nos pratiques, raisonnements, perceptions et actions sur le monde.

Ces changements suscitent des difficultés d'usage et des problèmes d'intégration qui concernent directement la psychologie sociale et l'ergonomie des nouvelles technologies. En effet, les dispositifs techniques ne peuvent pas seulement être envisagés comme une application de connaissances scientifiques visant à la substitution de l'homme par des techniques minutieuses. Mais ces assistances doivent être appréhendées comme des conditions d'existence de l'homme, c'est-à-dire des extensions de nos propriétés et qualités perceptives, motrices, cognitives, sociales et affectives dans les situations de travail ou de vie. Pour la psychologie, ceci nécessite d'aborder, globalement, l'étude des processus cognitifs et sociaux liés à la conception et à l'utilisation des nouvelles technologies, et donc de dépasser les cli-

vages traditionnels entre les approches cognitives et managériales des technologies nouvelles. En accord avec Clegg (1994) et Clegg et Frese (1996), les rapports de l'homme aux technologies digitales ont principalement été étudiés sous deux angles divergents :

■ Celui de l'interaction homme-machine, c'est-à-dire de la communication entre les individus et les systèmes techniques ainsi que des cognitions en œuvre dans cette relation.

■ Celui des aspects socio-organisationnels de l'implantation des technologies nouvelles dans la société et dans les entreprises.

Revenons rapidement sur ces deux points.

L'interaction homme-machine s'organise sur la base des interfaces qui occupent dans nos vies une place de plus en plus prépondérante. Le but des recherches menées dans ce domaine a surtout été de permettre la meilleure compatibilité possible entre les utilisateurs, leurs tâches et les logiciels, afin de prévenir les défaillances du système homme-machine et de garantir un haut niveau de performance, de confort et de satisfaction du dialogue. Dans cette perspective d'adaptation de la machine à l'homme, les approches se sont centrées sur les fonctionnalités et l'utilisabilité des systèmes techniques. Ces dernières ont pris la forme de recommandations (Brangier, 1990 ; Scapin et Bastien, 1997) qui constituent un ensemble de résultats, d'analyses, voire de théories, issus de travaux de laboratoires et de terrain. Elles explicitent la manière dont se comporte un utilisateur lorsqu'il se trouve dans une situation d'interaction avec un ordinateur, où interviennent des dispositifs d'entrée et de sortie d'informations, des modes d'échanges d'informations et le contexte de son travail. L'étude des recommandations ergonomiques s'apparente à la recherche d'éléments de l'interaction homme-machine capables de définir des indicateurs de ce qu'il faut ou ne faut pas faire en matière de conception d'interfaces.

Les recherches sur l'interaction homme-machine ont également souligné que l'utilisateur n'interagissait pas directement avec le logiciel mais avec le modèle qu'il se construit du logiciel. D'où la nécessité de modéliser l'interaction homme-machine (Brangier, 1991). Ces modèles d'interaction homme-machine ont envisagé l'in-

teraction sous forme de couches (Moran, 1981 ; Card, Moran et Newell, 1983), en partant de l'action de l'homme sur l'environnement (ACT* d'Anderson, 1983, 1989 ; Norman, 1986 ; Suchman 1987 ; Winograd et Florès, 1989), en décrivant les tâches d'interaction (Payne et Green, 1989). En fait, pris avec recul, les travaux menés sur l'interaction homme-technologie insistent sur :

- le traitement de l'information symbolique chez l'homme ;
- la rationalité limitée du comportement humain par rapport au comportement de la machine ;
- la planification des actions ;
- des méthodes expérimentales de recherche et de validation,
- la modélisation des processus cognitifs et leur implémentation en machine ;
- l'autonomie des processus cognitifs, et leur relative indépendance du contexte.

De ce point de vue, l'interaction entre l'homme et la technologie est parfois décontextualisée et les processus cognitifs en partie désincarnés de leur socle anthropologique. L'objectif principal de ces recherches est de concevoir et d'aménager des technologies qui soient adaptées à l'homme, indépendamment de son ancrage social, indépendamment de la valeur et du sens de son action. En bref, cette perspective se centre sur l'analyse des fonctionnalités et de l'utilisabilité des technologies digitales, ou plus généralement : l'ergonomie des interactions homme-machine.

A l'inverse, une autre partie des recherches a abordé le problème de l'insertion de nouvelles technologies dans le tissu socio-organisationnel (Brangier et Vallery, 2001). Ces études ont surtout insisté sur les formes de régulations individuelles et collectives et sur les impacts socio-organisationnels du changement technologique sur les comportements professionnels. Elles ont globalement identifié plusieurs niveaux différents et complémentaires d'impacts sur les organisations. D'une manière générale, ces travaux présentent toujours trois types de résultats :

■ L'impact constaté a posteriori (qu'il porte sur les qualifications, les compétences, l'organisation sociale, le contenu du travail, la culture, etc.) est en fait secrété dès le début de la conception même des nouvelles technologies. Ces impacts sont donc en partie inférables à partir de la connaissance des contextes de conception et d'usage, et sont suivis aussi par d'autres impacts qui apparaissent ensuite.

TABLEAU I

**COMPARAISON DES DIFFÉRENTES APPROCHES DES ASPECTS PSYCHOLOGIQUES
DES NOUVELLES TECHNOLOGIES (D'APRÈS CLEGG, 1994)**

- COMPARISON OF THE DIFFERENT APPROACHES OF PSYCHOLOGICAL ASPECTS
OF NEW TECHNOLOGIES (CLEGG, 1994)

Théories orientées « Analyse de l'interaction homme-machine »	Théories orientées « Analyse des aspects socio-organisationnels »
Travaux expérimentaux	Travaux de terrain
Validation expérimentale	Validation écologique
Centré sur l'individu	Centré sur les groupes d'acteurs
Niveau d'analyse micro	Niveau d'analyse macro
Analyse individuelle	Analyse organisationnelle
Centré sur les mécanismes cognitifs individuels de traitement de l'information	Centré sur la distribution des connaissances entre l'homme, la technologie et l'organisation
Processus cognitifs autonomes	Cognition distribuée
La connaissance réside dans la tête des individus	La connaissance est distribuée dans le monde
Comportement rationnel	Comportement émergent et interprétatif
Le comportement est planifiable (planification hiérarchique)	Le comportement est situé et opportuniste
Mise en relation avec les disciplines des sciences cognitives	Mise en relation avec les disciplines des sciences sociales et managériales

■ La technologie n'est pas réductible à un instrument externe à l'homme, c'est un objet social.

■ Les technologies contiennent des modèles implicites de l'homme et de son fonctionnement, modèles qui sont tôt ou tard dépassés par les individus, c'est-à-dire que les utilisateurs inventent des modes de fonctionnement qui ne sont pas initialement prévus par la machine, et qui constituent des accommodements à leur situation de travail et de vie.

Ces deux orientations théoriques, rapidement étayées, mettent en évidence des clivages dans les approches des technologies nouvelles (tableau I). Ce tableau met en évidence des clivages dans les approches des nouvelles technologies. Mais, en même temps, il indique la nécessité de développer des recherches dans ces domaines, recherches qui pourraient procurer l'opportunité :

- d'intégrer des concepts cognitifs et psychosociaux, et d'articuler des niveaux d'analyse qui ont parfois été opposés ;
- de mettre en place des méthodologies permettant de saisir les interdépendances qui existent entre les dimensions technologiques, socio-organisationnelles et cognitives.

Dans cette perspective, le fondement général de notre orientation de recherche

est de considérer que l'environnement digital donne à la conduite humaine une structure tout à fait particulière. Ce projet de recherche s'inscrit de ce point de vue dans les thèmes qui sont développés en psychologie de l'environnement, et qui considèrent que l'environnement agit sur l'être humain qui, à son tour, agit sur les facteurs technologiques qui le déterminent. C'est donc la nature de la relation en œuvre qui permet d'expliquer tout à la fois la valeur de l'environnement digital et l'orientation de la conduite humaine dans les systèmes technologiques. La relation à l'environnement digital doit donc, pour être comprise, abordée sous l'angle d'une double influence :



La problématique générale de nos travaux porte donc sur la prise en compte des processus psychosociaux et psychocognitifs dans la conception, la correction, l'utilisation et l'évaluation d'environnements technologiques. Cette problématique met en évidence : d'une part, la définition de l'environnement digital comme un « système d'interfaces » entre l'homme et l'organisation et entre les hommes entre eux ; d'autre part, les impacts des environnements digitaux sur les processus d'adaptation de l'homme et des organisations.

Analyse des environnements digitaux

Les environnements digitaux prennent plusieurs formes : hiérarchiques ou en réseaux ; centralisés ou distribués. Ils disposent d'un langage d'interaction simple ou complexe ; impliquent l'acquisition d'une maîtrise opératoire ou cognitive ; permettent une action individuelle ou collective ; sont organisés à un niveau sociétal ou sont gérés de manière sauvage... Autant de variables qui caractérisent les environnements digitaux et qui, par voie de conséquence, structurent les conduites humaines.

Pour ce qui nous concerne, nous présenterons des travaux menés sur quatre types d'environnements digitaux :

■ *Les environnements digitaux de programmation.* Il s'agit des environnements digitaux originels, ceux par lesquels les autres environnements sont produits, c'est-à-dire les environnements qui servent aux informaticiens à programmer les autres environnements digitaux. Sur ce thème, nous présenterons une recherche portant sur les impacts du changement d'environnement de programmation chez les informaticiens.

■ *Les environnements digitaux d'édition.* Ici, l'environnement se présente sous la forme d'un éditeur permettant de concevoir une infinité d'interactions. Il s'agit par exemple des traitements de textes, générateurs d'interface homme-machine... La mise en place d'une téléthèse pour grands handicapés moteurs a été l'occasion d'étudier les effets de ce type d'instruments sur de grands malades.

■ *Les environnements digitaux d'assistance.* A travers ce type d'environnement, l'homme reçoit une aide pour réaliser son travail. Dans cette perspective, comme nous allons le voir, l'analyse de l'usage et de l'efficacité des aides techniques à la maintenance est particulièrement révélatrice des conduites des techniciens.

■ *Les environnements digitaux de sélection ou de désignation.* L'environnement propose ici un choix entre plusieurs alternatives prédéfinies. Il s'agit d'un environnement relativement simple, mais dont l'usage peut s'avérer particulièrement bia-

sé. Une évaluation du système de vote électronique destiné et utilisé par les électeurs brésiliens sera l'occasion de restituer les biais et dangers de tels environnements.

Quelques aspects du changement d'environnement de programmation chez les informaticiens

Depuis la fin des années 90, on assiste à l'arrivée massive de nouvelles technologies dans tous les secteurs de l'entreprise. Internet, Intranet, Collecticiels, Workflow, Progiciels intégrés de gestion..., sont autant d'outils qui transforment les façons de faire, d'organiser et de penser le travail. Ces évolutions technologiques du secteur informatique se sont traduites par la transformation du métier d'informaticien, du fait de l'émergence de nouveaux concepts techniques (interface multimédia, client serveur, réseau intranet/internet, base de données relationnelles...), et par l'apparition de nouveaux modèles de conception (Delmond, 1995 ; Ducateau, 1995).

Pourtant, pour peu que ces évolutions technologiques soient trop brutales et/ou mal préparées, c'est tout l'édifice humain et socio-organisationnel en place dans l'entreprise qui risque d'être brisé (Alter, 1990). Des phénomènes de résistances au changement ou des difficultés d'acceptation du nouvel environnement de travail pourront en être les conséquences les plus visibles (Frese et Hesse, 1995 ; Rabin, 1995). Dans cette dynamique de changement, la problématique qui se pose alors aux entreprises est double : d'une part, faire évoluer les savoir-faire des salariés par des formations idoines pour leur donner la possibilité de suivre les évolutions technologiques en cours ; d'autre part, leur procurer des environnements compatibles avec leurs caractéristiques personnelles et avec celles de leur tâche pour assurer l'appropriation des nouveaux environnements de travail. C'est dans ce cadre que s'inscrit cette recherche. Nous avons tâché d'évaluer les incidences cognitives et psychosociales que pouvait générer l'évolution technologique d'un environnement de conception sur un service de 300 informaticiens d'une grande entreprise informatique.

Les résultats de cette étude (Bobillier Chaumon, 1999 ; Bobillier Chaumon et Brangier, 2000) font apparaître que l'acceptation du nouvel environnement de conception par les informaticiens dépendait moins de la complexité intrinsèque de ces nouveaux systèmes que de la série de ruptures qu'ils engendraient :

- premièrement, sur les modalités et les propriétés des raisonnements,
- deuxièmement, sur les conditions de structuration et de contrôle de l'activité,
- et troisièmement, sur les principes de coopération au sein du cycle de travail.

En effet, de nouvelles façons de raisonner et d'interagir avec les environnements font leur apparition. Sur le plan cognitif, ce qui est différent, ce ne sont pas les techniques en elles-mêmes, mais leurs pratiques car elles bousculent les façons de penser le travail, de planifier l'activité, de résoudre les problèmes et d'interagir avec les dispositifs. Plus précisément, le changement d'environnement de programmation transforme les représentations qui régissent les raisonnements de l'informaticien, et qui constituent les repères essentiels pour son activité. On assiste ainsi à l'évolution :

■ Des représentations fonctionnelles des problèmes : elles deviennent davantage orientées vers l'activité de l'utilisateur final que sur les possibilités techniques du système.

■ Des solutions à mettre en œuvre : auparavant planifiés hiérarchiquement, les modes de résolution de problème tendent à devenir opportunistes et situés.

Les évolutions des NTIC se caractérisent aussi par de nouvelles formes d'articulation entre tâche et activité. La prescription informatique évolue vers une définition par objectifs, de nouvelles tâches de diagnostic ou de coordination apparaissent, tandis que les conditions d'exercice de l'activité se transforment : les dysfonctionnements sont de moins en moins prévisibles, les modes d'analyse et de structuration des projets deviennent plus globaux ; les besoins informatiques sont également plus originaux, mais aussi plus difficilement répliquables.

Comme il en a été fait état plus haut, tout changement technique passe par la découverte et l'acquisition de nouvelles capacités collectives, mais aussi par de nouvelles façons de raisonner ensemble ; c'est-à-dire de partager et d'échanger des connaissances au travers d'un nouvel environnement digital, partagé entre plusieurs concepteurs. Changer de technique, c'est donc aussi apprendre à coopérer autrement, à établir de nouveaux modèles de relation et de négociation (Bobillier Chaumon, 1998). Il ne s'agit donc plus seulement de s'approprier individuellement une nouvelle technologie, mais de

s'engager, par son intermédiaire, dans un processus de conception collectif où les acteurs – en l'occurrence les informaticiens – échantonnent, construisent et partagent des représentations communes.

En définitive, le changement d'environnement de programmation amène un nouvel espace de représentations (cognitives et socio-organisationnelles) qui implique un repositionnement des informaticiens en termes de raisonnements et de culture professionnelle. La situation de conception informatique est donc soumise à une dynamique de changements, faisant coïncider mutations techniques, acquisitions mentales et transformations organisationnelles. En faisant évoluer les interfaces entre l'homme et la machine, on constate également une évolution de l'organisation sociale du travail. Cette extrême imbrication entre le changement des possibilités communicationnelles de la technologie et les conduites de l'opérateur s'observe également dans l'usage des aides techniques pour grands handicapés moteurs.

L'enrichissement interactionnel des malades en fin de vie à travers un Environnement Digital de Téléactions pour Handicapés (EDITH)

La fin de vie des hommes atteints par une maladie grave est, fort heureusement, de plus en plus accompagnée par tout un entourage : famille, amis, religieux, médecins, infirmières, psychologues, qui s'inscrivent de plus en plus dans une perspective de soins palliatifs (Moulin, 2000). La question que nous voulons aborder maintenant est celle des relations possibles entre un environnement digital particulier – une interface de communication – et la situation de fin de vie de graves malades (Sclérose latérale amyotrophique, Locked-in syndrom, Tétraplégie). Ces personnes sont confrontées aux privations anatomiques et fonctionnelles, et aux avoirs et pouvoirs perdus à l'occasion d'une maladie grave. Elles font l'expérience profonde de la privation. Cette privation est bien évidemment liée au handicap et peut conduire à d'autres privations d'ordre relationnel, intellectuel et culturel, même si le handicap n'induit pas forcément une pathologie mentale. Ces très graves maladies se caractérisent donc par la privation progressive des ressources motrices et verbales, notamment aphasie et tétraplégie, mais généralement, avec une absence de trouble cognitif. Au niveau affectif et social, les proches du malade estiment

parfois ne plus pouvoir communiquer avec lui, l'individu étant progressivement confronté au silence d'une vie intérieure. Le malade est donc victime d'une déficience progressive des transducteurs, se traduisant par une déficience interactionnelle. L'objectif de notre projet est de pallier la déficience interactionnelle progressive, en concevant une sorte de prothèse compatible avec les processus cognitifs centraux et la (ou les) ressource(s) motrice(s) encore valides. L'objectif de la téléthèse interactionnelle est donc de remettre le sujet en interaction avec son environnement, alors que le sujet n'a pas sur le plan communicationnel de déficit des processus centraux mais seulement des dysfonctionnements des modules de liaison entre le système cognitif central et les transducteurs. De ce point de vue, la téléthèse Edith repose sur trois hypothèses de base sur les grands handicapés moteurs aphasiques :

■ ■ Leurs dysfonctionnements interactionnels peuvent être, c'est une hypothèse, palliés en concevant des fonctionnalités implémentables en machine qui suppléent les déficits moteurs et verbaux. Par exemple, alors que le malade ne peut pas dire qu'il a mal à l'épaule droite, la machine va l'assister pour verbaliser sa douleur au personnel soignant.

■ ■ Les fonctionnalités identifiées doivent être utilisables. Autrement dit, l'instrument doit être d'une utilisabilité telle qu'un malade n'ayant quasiment plus aucune possibilité d'action puisse contrôler l'interface de communication, et par voie de conséquence quelques aspects de son environnement physique et social.

■ ■ La mise à disposition de fonctionnalités d'une bonne utilisabilité enclenche un processus de transformation psychologique, qui n'est pas strictement déterminé par la technologie, mais qui s'en accommode. L'usage de tels instruments permet un enrichissement interactionnel qui aide l'individu à faire face à son handicap en le remettant en relation avec son environnement. Il s'agit d'une régulation entre l'individu, la technologie et son entourage social (famille, amis, personnel soignant...). De la sorte, l'instrument doit être adapté aux perspectives de fin de vie du malade, et doit tenir compte des processus psychiques en œuvre lorsque l'individu humain est confronté à l'échéance de sa propre mort.

Sur la base de ces trois idées, le projet Edith a été développé (Brangier et Pino,

1997 ; Pino, Arnould et Brangier, 1998). Il vise à créer un environnement digital, c'est-à-dire un système d'interface de communication électronique permettant à des individus atteints de très lourds handicaps de continuer à communiquer avec leur environnement, alors que leurs ressources motrices et verbales sont totalement déficientes. L'objectif est donc d'enrichir les interactions des malades qui ne peuvent ni bouger, ni parler.

Edith se présente sous la forme d'une interface de communication entre un sujet disposant uniquement d'un contacteur en tout ou rien placé sur un muscle encore actif, et son environnement. Le sujet interagit avec un contacteur unique qui lui permet de piloter une interface qui elle-même permet de contrôler la télévision, un lecteur de compact disque, d'écrire des textes, d'émettre des phrases pré-enregistrées et d'appeler le personnel soignant (Brangier et Pino, 1997, 1999).

Placée en unité de soins palliatifs auprès de Jacques (56 ans, atteint de sclérose latérale amyotrophique, décédé depuis), l'évaluation d'Edith a permis de souligner que toutes les fonctionnalités de l'interface étaient utilisées (Brangier et Pino, 2000). Les résultats montrent que la technologie rend, non seulement les choses plus faciles à accomplir, mais surtout qu'elle les rend possibles (Brangier et Pino, 2001). Le confort du malade se trouve ainsi grandement amélioré. Mais ce confort ne peut être ramené à des commodités techniques. Bien évidemment, il est plus agréable de pouvoir contrôler la télévision que de subir des images ou d'en être privé. Le confort relève également des moyens dont dispose l'individu pour faire face à sa situation et se préparer à la mort. A ce propos les modules de communication (faire énoncer des phrases ; écrire des textes que le malade donne à lire) permettent d'énoncer les souffrances, de libérer les maux, d'apprivoiser la mort ou tout simplement de dire des choses anodines, comme par exemple : « J'ai une tarte pour toi » ; « elle est enceinte » ou « vous m'énervez ». La parole a la possibilité de se réexprimer. Tuée par la maladie, la parole dérobée reprend sens. Il s'agit de se défendre de l'incompréhension des autres, de rester en liaison avec les êtres aimés : « C'est vrai que la famille, les amis, mais aussi les amis-soignants et les amis-bénévoles donnaient des raisons de vivre. L'autre nuit pendant ma "crise", j'ai compris qu'entouré d'amour comme je l'étais à ce moment-là, la mort pouvait être douce. Merci. ». Dans cette volonté d'échapper à

l'emprise de la réalité, certains soignants ne sont pas épargnés : « Anne, d'où vient cette mauvaise humeur ? Croyez-vous que je vous dérange par plaisir ? Soyez certain que si je pouvais me retourner seul, je ne sonnerais pas, je ne serais même pas ici. Il faut que je vous l'avoue : je suis tétraplégique. Ne le dites pas à vos collègues : elles pensent que je fais semblant ». Pour d'autres s'instaure une relation nouvelle et confiante : « Je me suis suffisamment fait une réputation de râleur pour ne pas résister au plaisir de vous adresser des compliments au sujet d'une nouvelle recrue, Béatrice. Souriante, calme, efficace, toujours attentive aux moindres besoins des patients, c'est une perle comme vous en avez beaucoup. Nul doute que celle-ci rehausse encore la parure. Comme un bonheur n'arrive jamais seul, j'ai retrouvé ce matin une perle d'un autre Orient, Sophie de retour du Burkina-Faso. Quel sourire, quelle gentillesse, quelle délicatesse et quelle efficacité ! ». Autant de mots d'amitié, de compliments, de petits bonheurs furtifs qui n'auraient pu trouver écho. Lorsque les mots peuvent sortir d'un corps quasi immobile, alors beaucoup de choses deviennent possibles : la peur de la mort, la crainte des complications de la maladie, les incertitudes angoissantes des diagnostics et des traitements, l'irréversible certitude se partagent avec les êtres aimés. Penser le confort des émotions et en faire un principe de conception, voire d'innovation, revient à inscrire la conception de cet environnement digital dans une démarche de soins palliatifs.

Cette recherche nous indique avec force que la technologie est une matière d'intervention pour le psychologue, dans le sens où les manières d'aménager, de situer et d'organiser les environnements digitaux façonnent, indirectement au moins, les conduites humaines. Concevoir des environnements digitaux, ce n'est pas concevoir des applications pour des ordinateurs, mais c'est concevoir ce que les gens vont faire avec elles. C'est donc concevoir les usages et la fonction sociale associée à ces outils. Autrement dit, il faut comprendre ce que les machines font, et pas seulement comment elles fonctionnent. Faire apparaître des possibilités structurées d'utilisation représente précisément le travail de conception ou d'aménagement des situations de travail et de vie. Aussi, concevoir un outil technique, c'est dans un premier sens analyser une situation humaine et sociale particulière, afin de construire une application informatique ou automatique. Dans le cas des grands handicapés, l'intervention sur le technologique est fonda-

mentalement une intervention sur le psychologique, dans le sens où c'est un moyen de donner des possibilités d'action aux sujets afin qu'ils réalisent leur tâche de manière plus confortable et plus efficace, et qu'ainsi ils élaborent des processus d'appropriation du monde et d'emprise sur leur propre vie.

Étude des usages liés à un environnement d'assistance : évaluation de l'utilisation et de l'efficacité des aides technologiques dans le travail de maintenance en télédiffusion

Un autre exemple du rôle des environnements technologiques nous est donné à travers l'usage des aides à la maintenance en télédiffusion. La maintenance de ces systèmes vise à prévenir, gérer et corriger les dysfonctionnements et pannes. Ce travail est accompli par des techniciens de maintenance, qui interviennent sur le processus de transmission, de diffusion et de radio-communication, afin de garantir un haut niveau de disponibilité de la chaîne des équipements. Le travail de la maintenance devient de plus en plus complexe et difficile, du fait du développement accéléré des télécommunications, qui implique l'installation croissante de matériels hétérogènes et diversifiés au sein des sites, et des caractéristiques des systèmes et des équipements de plus en plus automatisés et intégrés. Dans ce contexte, l'aide est un problème central. Le travail consiste donc à utiliser correctement et efficacement un environnement de contrôle (aide textuelle et graphique, instruments de mesure du signal, téléphone portable...) pour résoudre les défaillances techniques, rétablir le bon fonctionnement des émetteurs et assurer la continuité du service. Il s'agit de fournir aux techniciens des aides techniques qui soient adaptées à leur travail ainsi qu'à leur fonctionnement cognitif et socio-organisationnel.

La maintenance en télédiffusion s'apparente à une activité de supervision et de contrôle de processus (Hoc, 1995). L'activité des techniciens implique une grande variété de processus cognitifs et de représentations mentales liées à la détection d'une panne, sa localisation, son diagnostic, le changement de l'élément défaillant, ainsi que la validation du dépannage (Rasmussen, 1986 ; Salembier, 1992 ; Fadier et Mazeau, 1996). Pour effectuer leurs interventions, les techniciens s'appuient sur plusieurs éléments tels que :

les caractéristiques des dispositifs techniques à maintenir, l'estimation du risque encouru, la pression temporelle (c'est-à-dire le degré d'urgence de la réparation). De plus, certains auteurs ont souligné l'influence de facteurs liés aux individus (Bertrand et Weil-Fassina, 1993 ; Rabardel, 1995). En effet, les techniciens ne procèdent pas de manière identique selon : leur niveau de compétences, leur représentation de la situation, la valeur symbolique accordée aux aides et à la situation. De plus, le travail de la maintenance se caractérise par son imprévisibilité, si bien que l'adaptation doit être constante, rapide, et la coopération permanente entre toutes les personnes concernées. La réussite de la maintenance, si elle est conditionnée par la qualité de leur environnement d'assistance, repose aussi sur les compétences des techniciens et sur leur capacité à gérer les cas imprévisibles, à traiter les multiples informations, à s'adapter aux nouvelles situations, et à coopérer efficacement.

Par ailleurs, les études portant sur les aides à la maintenance ont notamment montré qu'il était très difficile de concevoir des systèmes d'aide parfaitement adaptés à chaque situation, à chaque opérateur (quel que soit son niveau de compétence) et à chaque type de stratégie utilisée (Rabardel, 1995). En effet, beaucoup de systèmes d'aide mettent l'accent sur les procédures et minimisent l'activité de planification, si bien qu'ils ne fournissent pas de véritable aide en cas d'incident. Dans le même ordre d'idées, les figurations graphiques sont souvent considérées comme des aides à la constitution de représentations d'ensemble des objets traités. Mais ces figurations expriment, comme tout message, des contenus non perceptibles qu'une activité cognitive doit reconstruire. Certains travaux (Rasmussen, 1986 ; Hoc, 1995) montrent également que les aides à l'anticipation permettent d'élaborer des plans et de corriger les erreurs. Par contre, elles ne permettent pas d'opérer une recherche prospective de la procédure. En bref, les recherches portant sur les aides au travail posent le problème de la cohérence entre l'usage de modes opératoires basés sur des procédures d'une part, et l'acquisition mentale d'une représentation globale des pannes, d'autre part.

Aussi, notre recherche met-elle en lumière l'efficacité comparée de plusieurs systèmes d'aide dans le domaine des réseaux de télédiffusion, dans le but d'améliorer la prestation de maintenance. Réalisée dans une entreprise de diffusion audiovisuelle employant 4 000 personnes

dont environ 1 000 dans le domaine de la maintenance, cette recherche a analysé deux types d'aide de manière comparative, en situation réelle et en situation expérimentale : un document papier d'aide à l'intervention de maintenance et une assistance téléphonique auprès d'experts (Brangier, Ribert et Mafille, 1996 ; Ribert-Van de Weerd, 2001).

Les résultats de la comparaison de situations de travail dotées d'une aide écrite et/ou téléphonique destinées, ont montré que l'usage des aides était hétérogène et dépendait de plusieurs facteurs (Ribert-Van De Weerd et Brangier, 2000), comme :

- Le niveau d'expérience : alors que les débutants privilégient l'assistance téléphonique, les expérimentés étudient les documents écrits d'aide au travail.
- Le niveau de diplôme : plus les opérateurs sont diplômés et plus ils préfèrent l'autonomie offerte par l'aide écrite.
- La représentation du niveau de risque encouru : lorsque le risque est évalué comme important, les opérateurs font plus volontiers appel à l'assistance téléphonique.
- La pression exercée par le client ou par la brièveté des temps de réparation : plus la pression est forte, plus les techniciens ont recours à l'assistance téléphonique.
- L'autonomie offerte par le dispositif d'assistance : plus l'aide se présente comme indépendante des collègues ou de hiérarchiques, plus elle présente des marges de liberté et plus son usage sera privilégié.

En somme : le choix, l'usage et l'efficacité d'une aide sont liés à la représentation que les techniciens ont de l'aide, de leur situation d'intervention, et des possibilités d'autonomie qu'elle offre.

Ainsi, à l'heure où les téléphones portables ont tendance à se généraliser dans les travaux de dépannage, maintenance et entretien, il convient de souligner à quel point la mise en place de ce type d'environnement digital entraîne une modification des comportements professionnels, qui va sans doute dans le sens du renforcement du contrôle sur l'individu. En effet, les entretiens qui ont suivi les observations en situations réelles et les expérimentations ont confirmé que tous les techniciens considèrent l'assistance téléphonique comme très utile pour les débutants. Mais, les techniciens expérimentés pensent systématiquement qu'elle n'est pas utile quand elle est envisagée pour eux-mêmes,

car elle est trop directive et réduit leur autonomie. Ainsi la technologie, et précisément la téléphonie mobile, représente une structure de communication particulière. En permettant de nouvelles formes d'interactions humaines, elle constitue un nouveau média qui véhicule des messages et produit des échanges médiatisés. Ces interactions s'appuient sur des données de natures cognitives et sociales, et se réalisent dans une structure de communication qui induit des formes d'organisations sociales, notamment de dépendance et/ou d'autonomie. De ce point de vue, les environnements digitaux produisent la société. Ils font exister, par l'activité qui leur est associée, des modes de fonctionnements sociaux mais également des types de cognitions, liés à l'interaction homme-technologie. Ils représentent des formes de surdéterminations ou plus simplement des contraintes, qui affectent l'activité humaine, l'organisation du travail, les rapports sociaux de travail et plus globalement, la société dans son ensemble. Un autre impact d'un environnement digital sur une société nous est donné par l'analyse du vote électronique au Brésil.

Les biais technologiques ou les dangers d'un environnement digital de sélection : cas du vote électronique au Brésil

En l'an 2000, les élections à la présidence des Etats-Unis ont donné un bel exemple de cafoillage dans le décompte électronique des bulletins de vote. Au-delà des débats politiques et juridiques qu'une telle situation a engendrés, il apparaît que cette crise politique interroge également la signification des technologies nouvelles. A cette occasion, l'impact de l'informatique n'est plus seulement ressenti au niveau de la sphère productive (coûts sociaux et financiers, mécontentements, revendications, sabotages...) mais fait apparaître des dangers pour la démocratie.

Dans le cas du vote électronique, et plus seulement du décompte, les interfaces de vote électroniques doivent permettre de satisfaire facilement et simplement les intentions exactes de vote des électeurs. Sans quoi, des biais technologiques de conception, qu'ils soient volontaires ou non, peuvent conduire les électeurs à voter d'une manière qui ne corresponde pas à leur intention. Ce problème est accru lorsque les électeurs sont âgés, malvoyants, illettrés, etc. C'est dans ce contexte des nouvelles interfaces et de leurs dangers pour les populations sensibles, que

nous avons effectué l'évaluation ergonomique de l'urne électronique développée par le Tribunal Electoral Supérieur du Brésil. Ce dispositif a été mis en place pour les élections municipales brésiliennes de 1996 dans l'état de Santa Catarina.

Cette évaluation de l'urne électronique comportait trois étapes : une inspection ergonomique (a priori), des essais d'utilisabilité (a posteriori) et une analyse statistique comparée des résultats des élections de 1992 et de 1996. L'objectif était de mesurer l'impact de l'interface utilisateur/électeur par rapport aux intentions de vote. En effet, des erreurs liées à ce dispositif constitueraient un biais sur le processus et les résultats de vote. En dehors de l'utilisateur dit « normal », ce travail d'évaluation s'est intéressé à l'accessibilité de l'urne électronique à certaines populations sensibles aux nouvelles technologies.

L'inspection ergonomique a mis en évidence d'importantes erreurs d'utilisabilité dans l'interface de l'urne de vote, prouvant ainsi que le vote électronique était susceptible d'impliquer un certain nombre de biais entre les intentions de vote des sujets et les résultats fournis. Nous avons fait l'hypothèse que cet écart pouvait être particulièrement significatif pour les personnes éloignées de la culture informatique. C'est la raison pour laquelle nous avons ensuite procédé à des essais d'utilisabilité (simulations dans un environnement proche d'un bureau de vote) sur deux types de populations pressenties comme étant exclues des nouvelles technologies d'information et de communication : les aveugles et les personnes vieillissantes. Trois séances d'essais d'utilisabilité ont été réalisées : les deux premières concernaient des électeurs aveugles, la dernière, des personnes vieillissantes. Pour chaque test d'usage de l'urne, afin de respecter les conditions réelles de vote, deux représentants du tribunal étaient présents afin de jouer les rôles du président et du secrétaire de la session de vote. Les résultats ont été les suivants : un quart des aveugles et moins de la moitié des personnes vieillissantes ont réussi à voter pour les candidats qu'ils avaient choisis. De plus, le temps moyen de vote était cinq fois plus important que celui d'un électeur présumé « normal ». A partir de ces essais d'utilisabilité, étant donné le nombre élevé des erreurs constatées et la durée moyenne du vote, il paraissait clair que l'urne électronique ne permettait ni aux aveugles, ni aux personnes âgées d'effectuer normalement leur vote et ce, malgré les conditions favorables liées à l'expéri-

mentation : aucun bruit, aucune pression provenant de la part des autres électeurs, donc moins de stress. Les entretiens post-expérimentaux étaient tout aussi surprenants : tous les sujets étaient persuadés d'avoir voté conformément à leur intention ! L'urne impliquait donc un biais indolore de manipulation des actes des électeurs, dont les personnes aveugles et âgées étaient les premières victimes.

Qu'en était-il des votes réels des électeurs ? Une analyse statistique portant sur une étude comparative concernant les résultats des élections municipales, de 1992 et 1996, dans sept villes de tailles significatives (entre 35 000 et 210 000 habitants) de l'état de Santa Catarina a également indiqué des biais dans les votes réels. Par exemple, on a pu constater un écroulement du nombre des votes blancs de 41 % en moyenne sur les 3 villes ayant utilisé l'urne, alors que dans les 4 villes ayant gardé un vote manuel, le nombre moyen de ces votes avait augmenté en moyenne de 33 %. Ce biais était prévisible car l'interface de l'urne rendait le vote blanc difficile pour une personne n'ayant pas l'habitude des technologies. En fait, pour les personnes vieillissantes et les aveugles, le système de l'urne électronique représente un facteur important d'exclusion sociale.

Que dire des autres exclus technologiques tels que les malvoyants et autres déficients, les analphabètes et les personnes rebutées par les nouvelles technologies ? Alors que les nouvelles technologies pourraient offrir une opportunité d'intégration sociale, au contraire elles sont et risquent de devenir, de plus en plus, un facteur d'exclusion.

L'urne électronique se présente donc bien comme un environnement digital qui fonctionne comme un système de prescriptions des conduites humaines. Elle repose sur des procédures informatisées qui définissent un cadre général prescrivant les comportements possibles, en rendant certains comportements plus accessibles que d'autres. Si l'informatisation du vote requiert bien une modélisation préalable de l'activité dans le but de l'automatiser, il faut souligner que l'action informatique s'apparente trop souvent à une forme d'aménagement coercitive du monde. S'en est là tout le danger.



La variabilité des populations confrontées aux systèmes électroniques est actuellement telle que le rêve des concepteurs de ce type de systèmes, de pouvoir créer une interface unique et générique, c'est-à-dire prévue pour tout le monde, est irréaliste. Dans le cas de l'urne électronique il paraît évident que plusieurs interfaces auraient dû cohabiter, pour faire en sorte que tous puissent voter. Ne pas tenir compte des différences entre les différentes catégories d'utilisateurs fait courir un risque élevé de biais technologique. Il reste donc beaucoup à faire pour la psychologie de l'interaction homme-machine, afin de permettre une meilleure acceptation sociale des technologies et de freiner la multiplication des biais et l'augmentation des exclus technologiques. Ne pas le faire ferait courir de gros risques de renforcement des exclusions et éventuellement, de manipulations des minorités politiques.

CONCLUSION

En inventant des environnements digitaux, l'homme crée de nouvelles ressources qui sont fondées sur ses propres qualités originelles. Il transfère, modifie et développe ses propres qualités dans la technologie. L'homme déplace dans la technologie ce qui de lui-même est programmable. Pour le psychologue, étudier la technologie, c'est étudier un objet social qui, à la fois, produit la société d'aujourd'hui et permet de la décoder. L'étude des environnements digitaux, qu'ils soient dédiés à des informaticiens, des handicapés, des techniciens ou des électeurs, vise à en déchiffrer le contenu, à percevoir et comprendre les signes, matériels et symboliques, produits par les interactions personne-technologie. Ces études montrent que ces environnements façonnent nos cognitions, déterminent nos modes opératoires et relativisent notre sentiment de liberté. La technologie est bel et bien une matrice de notre existence.

Encore trop peu étudiées aujourd'hui, ces considérations étaient déjà esquissées par Moles (1988) qui soulignait l'importance pour la psychologie de l'étude des interfaces de communication : « [...] il convient d'autre part, pour disposer de meilleures données, de faire une étude typologique soignée de ce que l'on commence à appeler les interfaces de communication. On désigne par-là ce petit morceau de la sphère virtuelle de contact entre l'être et le monde (le 'Merkwelt' de Von Uexkull), par lequel passent images, sons et signes qui parviennent à Moi depuis le vaste monde [...] ». Pour ce qui nous concerne, les quatre exemples que nous avons présentés, permettent de jeter des orientations pour l'étude des environnements digitaux.

Cette dernière :

1° doit être appréhendée à partir des interactions qui s'établissent avec lui et/ou qui s'établissent entre les individus à travers lui,

2° doit partir de la place essentielle que l'individu y occupe, tantôt comme utilisateur, tantôt comme concepteur,

3° est fondamentalement l'étude de la relation de l'homme à la technologie et doit donc nécessairement intégrer l'ensemble des variables contextuelles relatives à cette relation,

4° doit fournir un éclairage spécifique qui tienne compte des structures technologiques en tant qu'elles constituent des surdéterminations des comportements humains,

5° doit fournir un cadre pour la résolution des problèmes rencontrés dans le travail (de surcharge, d'organisation, de stress, etc.) et pour leur prévention.

Aussi, quelque peu délaissée des thèmes classiques de la psychologie sociale, gageons que la société de hautes technologies digitales dans laquelle nous entrons, invitera la psychologie sociale à interroger de manière plus substantielle le rapport de l'homme aux nouvelles technologies, et trouvera ainsi de nouveaux champs d'applications.

BIBLIOGRAPHIE

ALTER N. - La gestion du désordre en entreprise. Paris, L'Harmattan, 1990.

ANDERSON J.R. - The architecture of cognition. Cambridge, Harvard University Press, 1983.

ANDERSON J.R. - Theory of the origins of human knowledge. *Artificial Intelligence*, 1989, 40, pp. 313-351.

BERTRAND L., WEIL-FASSINA A. - Formes de représentations fonctionnelles et contrôle des actions dans le diagnostic de panne. In : WEIL-FASSINA A., RABARDEL P., DUBOIS D. - Représentations pour l'action. Toulouse, Octarès Editions, 1993.

BOBILLIER CHAUMON M.E. - Changement technologique et émergence des compétences collectives chez les informaticiens. *Connexions*, 1998, 70, pp. 165-179.

BOBILLIER CHAUMON M.E. - Les transferts d'apprentissage dans le cadre des transferts technologiques informatiques : le cas du maquettage en conception informatique. Université de Metz, Thèse de doctorat de psychologie, 1999.

BOBILLIER CHAUMON M.E., BRANGIER E. - Evolutions de l'activité et de l'organisation du travail lors du changement d'environnement de programmation chez les informaticiens. *Terminal, Technologies de l'Information, Culture et Société*, 2000, 82, pp. 47-66.

BRANGIER E. - Ergonomie des logiciels : approche psycho-ergonomique des interactions homme-logiciel. *Cahiers de notes documentaires - Hygiène et Sécurité du Travail*, 1990, 139, pp. 391-404.

BRANGIER E. - Comment les recherches concernant les dialogues homme-machine abordent-elles le problème de l'interaction ? *Connexions*, 1991, 57, 1, pp. 149-161.

BRANGIER E. - Psychologie ergonomique de l'assistance technique : approche symbiotique des relations homme - technologie - organisation. Université Paris-V, Thèse d'habilitation à diriger des recherches, 2000.

BRANGIER E., PINO P. - Métaphores de l'action et conception d'une interface pour grands handicapés moteurs : de la description de la sclérose latérale amyotrophique à la conception d'une prothèse interactionnelle. In : GIRARD P. (Coord.) - IHM 97. Toulouse, Cépaduès Editions, 1997, pp. 119-126.



BIBLIOGRAPHIE (suite)



- BRANGIER E., PINO P.** - Accompagnement des malades en fin de vie, ergonomie de conception et automatique humaine. Présentation d'un Environnement Digital de Téléactions pour Handicapés (EDITH). In : *Actes du 34^e Congrès de la SELF (Caen, 1999)*, pp. 261-270 (et sur cédérom).
- BRANGIER E., PINO P.** - La sclérose latérale amyotrophique : approche ergonomique d'une assistance technique à des malades en fin de vie. *Le Travail Humain*, 2000, 63, 2, pp. 171-190.
- BRANGIER E., PINO P.** - Psychodesign of interaction : communication system design for patient suffering amyotrophic lateral sclerosis. *International Journal of Design Sciences and Technology*, 2001, 2, pp. 33-52.
- BRANGIER E., PINO P., LE DREZEN, A., LAMAZIERE J.** - Prothèse interactionnelle, Pallier les déficits interactionnels des handicapés lourds avec une interface de contrôle d'environnement. In : *RAULT J.C. (coord.) - Interface. Paris, 1997, EC2*, pp. 156-162.
- BRANGIER E., RIBERT C., MAFILLE D.** - Analyse de l'activité de maintenance en télédiffusion et recommandations pour la conception d'aides au travail. In : *Actes du 31^e Congrès de la SELF (Bruxelles, 1996)*, pp. 260-267.
- BRANGIER E., VALLÉRY G.** - Aspects psychologiques et organisationnels des nouvelles technologies de l'information et de la communication. In : *BRANGIER E., LANCRY A., LOUCHE C. (éds) - Les dimensions humaines du travail : théories et pratiques de la psychologie du travail et des organisations. Nancy, PUN, 2002*.
- CARD S.K., MORAN T.P., NEWELL A.** - The psychology of human-computer interaction. *Hillsdale, LEA*, 1983, 469 p.
- CASTELLS M.** - L'ère de l'information. *Paris, Fayard, 1996*.
- CLEGG C.** - Psychology and information technology : The study of cognition in organizations. *British Journal of Psychology*, 1994, 85, pp. 449-477.
- CLEGG C., FRESE M.** - Integrating organizational and cognitive approaches towards computer-based systems. *Behaviour and information technology*, 1996, 15, pp. 203-204.
- DELMOND D.H.** - Perception, rôle et mode de gestion de l'informatique dans les entreprises : le cas des services études. In : *Actes du 10^e colloque Européen en Informatique et Société (CREIS) - « Responsabilités sociales et formation des acteurs de l'informatisation » (Namur, Belgique, 1995)*, pp. 57-68.
- DUCATEAU C.F.** - Contribution à la réflexion sur les responsabilités sociales de l'informaticien concepteur de logiciel. In : *Actes du 10^e colloque Européen en Informatique et Société (CREIS) - « Responsabilités sociales et formation des acteurs de l'informatisation » (Namur, Belgique, 1995)*, pp. 149-157.
- FADIER E., MAZEAU M.** - L'activité humaine de maintenance dans les systèmes automatisés : problématique générale. *Journal Européen des Systèmes Automatisés*, 1996, 30, 10, pp. 1467-1486.
- FRESE M., HESSE W.** - Analyse psychologique du travail des développeurs. *Forum Logiciel*, 1995, pp. 2-10.
- GAUDIN T.** - 2100, Odyssée de l'espèce. *Paris, Payot, 1993*.
- HOC J.M.** - Supervision et contrôle de processus. *Grenoble, PUG, 1995*.
- LAMAU M.L.** - Manuel de soins palliatifs. *Paris, Dunod et Privat, 1995*.
- MOLES A.** - Théorie structurale de la communication et société. *Paris, Masson, 1988*.
- MORAN T.P.** - The command language grammar : a representation for the user interface of interactive computer systems. *International Journal of Man-Machine Studies*, 1981, 15, pp. 3-50.
- MOULIN P.** - Les soins palliatifs en France : un mouvement paradoxal de médicalisation du mourir contemporain. *Cahiers Internationaux de Sociologie*, 2000, CVIII, pp. 125-159.
- NORMAN D.A.** - Cognitive engineering, User-centered system design, New perspectives on Human-computer interaction. *London, Lawrence Erlbaum Associates Publishers, 1986*, pp. 31-61.
- PAYNE S., GREEN T.R.G.** - The structure of command languages : an experiment on task-action grammar. *International Journal of Man-Machine Studies*, 1989, 30, pp. 213-234.
- PINO P., ARNOULD P., BRANGIER E.** - A more efficient man/machine interface : fusion of the interacting telethesis and smart wheelchair projects. In : *JAIN L.C., JAIN R.K. (éds) - Knowledge-based intelligent electronic systems. Adélaïde, IEEE, 1998*, 3, pp. 41-45.
- RABARDEL P.** - Les hommes et les technologies, approche cognitive des instruments contemporains. *Paris, Armand Colin, 1995*.
- RABIN S.** - Transitioning information systems Cobol developers into object Cobol technicians. *Object Magazine*, 1995, pp. 71-76.
- RASMUSSEN J.** - Information processing and human-machine interaction. *Amsterdam, Elsevier Science, 1986*.
- RIBERT - CAN DE WEERDT C.** - Evaluation de l'utilisation et de l'efficacité de systèmes d'aide à la maintenance en télédiffusion, une approche psycho-ergonomique. *Villeneuve d'Ascq, Presses universitaires du Septentrion, 2001*.
- RIBERT - VAN DE WEERDT C., BRANGIER E.** - L'usage et l'efficacité des aides à la maintenance en télédiffusion. *Le Travail Humain*, 2000, 63, 4, pp. 331-352.
- ROQUEPLO P.** - Penser la technique. *Paris, Seuil, 1983*.
- SALEMBIER P.** - Etude empirique et modélisation d'une activité de diagnostic cognitif. *Intellectica*, 1992, 15, 3, pp. 55-96.
- SCAPIN D.L., BASTIEN J.M.C.** - Ergonomic criteria for evaluating the ergonomic quality of interactive systems. *Behaviour and Information Technology*, 1997, 16, pp. 220-231.
- SUCHMAN L.A.** - Plans and situated actions, The problem of human/machine communication. *Cambridge, Cambridge University Press, 1997*, 203 p.
- WINOGRAD T., FLORÈS F.** - L'intelligence artificielle en question. *Paris, PUF, 1989*.

INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE ET DE SÉCURITÉ - 30, rue Olivier-Noyer, 75680 Paris cedex 14

Tiré à part des *Cahiers de notes documentaires - Hygiène et sécurité du travail*, 4^e trimestre 2002, n° 189 - ND 2180 - 1 000 ex.
N° CPPAP 804/AD/PC/DC du 14-03-85. Directeur de la publication : J.-L. MARIÉ. ISSN 0007-9952 - ISBN 2-7389-1135-8

Imprimerie de Montligeon - 61400 La Chapelle Montligeon