Ergonomie et réduction de la fracture numérique

Éric BRANGIER[1]

"26. Toute personne handicapée, quelles que soient l'origine et la nature de son handicap, doit pouvoir bénéficier de mesures additionnelles concrètes visant à favoriser son intégration professionnelle et sociale. Ces mesures d'amélioration doivent notamment concerner, en fonction des capacités des intéressés, la formation professionnelle, ***l'ergonomie, l'accessibilité,*** *la mobilité, les moyens de transport et le logement".*

Résolution du conseil de l'Union Européenne et des représentants des gouvernements des états membres réunis au sein du conseil, du 20 décembre 1996 concernant l'égalité des chances pour les personnes handicapées.

Résumé.

S'il facilite la vie de certains, le développement technologique est également un facteur d'exclusion pour d'autres. En effet, les systèmes techniques ne sont pas toujours faciles à utiliser, simples à comprendre, adaptés aux personnes âgées, conçus pour les handicapés, familiers pour les moins instruits si bien que la fracture numérique s'en trouve accrue. Lorsque les systèmes techniques sont destinés à tous (urnes électroniques, logiciels pour enfants, e-administration, produits de grande consommation…) ils doivent être adaptés à tous, ou risquent d'être sous-utilisés, de réduire les droits d'accès à l'information et finalement d'accroître les exclusions. Aussi, une des principales raisons expliquant les résistances et les exclusions des personnes face à l'informatisation est le manque d'ergonomie des systèmes et produits technologiques. Dans cette conférence nous exposerons les apports théoriques et méthodologiques de l'ergonomie à la réduction de la fracture numérique en les illustrant par des recherches menées sur des systèmes spécifiques (communication pour grands handicapés) et des systèmes pour tous (l'utilisabilité des urnes électroniques).

Introduction

Un paradoxe des sociétés technologiques est d'observer à la fois que les technologies progressent dans l'aide qu'elles fournissent aux êtres humains en même temps qu'elles accroissent les écarts entre ceux qui savent les utiliser et ceux qui ne peuvent y accéder, faute de moyens économiques, cognitifs, éducatifs, sociaux… Bizarre évolution que de constater amélioration des performances pour les uns et baisse, voire exclusion pour les autres. Pour restituer cet éloignement entre deux types de populations, la notion de fracture numérique a largement été développée.

Globalement, la fracture numérique concerne les inégalités dans l'usage des technologies de l'information et de la communication (TIC). Elle tente donc d'expliquer les exclusions de certaines personnes ou groupes sociaux, qui par leurs caractéristiques physiques, sociales, psychiques ou économiques se retrouvent en difficulté ou en incapacité d'avoir accès au monde numérique. La lutte contre cette exclusion a pris la forme d'une série de démarches, d'interventions, de recherches et d'actions regroupées sous le nom d'inclusion numérique (e-inclusion, inclusive design) où l'ergonomie occupe une place importante et complémentaire à d'autres disciplines.

Aussi pour contribuer à la mise en place d'une société numérique inclusive, l'ergonomie a-t-elle développé tout un ensemble de concepts et de théories (première partie) et de méthodologies (deuxième partie) dans des domaines d'applications (troisième partie) aussi diversifiés que le vote électronique, les logiciels éducatifs, les technologies d'aides aux

[1] Laboratoire de Psychologie de Lorraine, LabPsyLor EA 3947, Équipe Transdisciplinaire sur l'Interaction et la Cognition, Université Paul Verlaine - Metz, France.

transports, la fin de vie des grands handicapés, etc. Cet article a donc pour objectif de proposer une synthèse des apports de l'ergonomie à la réduction de la fracture numérique et de les illustrer par des recherches appliquées.

Quels sont les apports conceptuels de l'ergonomie à la réduction de la fracture numérique ?

Les TIC ont la capacité de transformer les moyens par lesquels nous apprenons et accédons à l'information de deux manières importantes. Premièrement, les TIC permettent de faire beaucoup de choses de manière plus rapide, plus flexible, plus efficace et avec, sous certaines conditions, une accessibilité plus importante pour certaines personnes. Deuxièmement, les TIC permettent de faire des choses que nous ne pouvions pas faire auparavant, ou de les faire de façon plus performante. Mais ces opportunités vont dépendre de la manière dont les humains accèdent, possèdent, connaissent, se satisfont, acceptent, refusent, s'approprient… bref ont les possibilités ou pas d'utiliser, les intentions ou pas d'utiliser les technologies et les utilisent ou pas réellement. Pour appréhender cette série de questions qui renvoie à l'acceptation d'une technologie par un utilisateur potentiel, Nielsen a proposé de distinguer :

- l'acceptation sociale qui renvoie aux éléments du contexte social qui expliquent l'usage d'une technologie ;
- l'acceptation opératoire qui renvoie aux caractéristiques de la technologie qui sont adaptées à l'utilisation, donc à l'utilisateur.

Ce clivage, même s'il est parfois réducteur, peut être réutilisé pour positionner le champ conceptuel dans lequel l'ergonomie contribue à réduire la fracture numérique.

Réduire la fracture numérique en agissant sur l'acceptation sociale des TIC

L'acceptation et l'utilisation des technologies de l'information par les individus et les organisations sont des domaines de recherche effervescents depuis les premiers travaux de Davis (1989). La notion d'acceptation et d'utilisation des TIC fait essentiellement référence à la manière dont les utilisateurs se comportent face à l'introduction de nouvelles technologies de l'information dans leur vie professionnelle et domestique. La notion d'acceptation s'applique au niveau individuel et au niveau organisationnel, et est envisagée selon un cadre théorique d'inspiration psychosocial et managérial (encadré 1) qui concerne les aspects socio-organisationnels de l'implantation des technologies nouvelles dans la société et dans les entreprises.

Encadré 1. Présentation des approches théoriques de l'acceptation sociale des TIC

Le modèle d'acceptation des technologies (TAM, Technology Acceptance Model)

Davis (1989) a présenté le modèle TAM (Technology Acceptance Model) comme prolongation de la théorie de l'action raisonnée (Fishbein & Ajzen, 1975). Le TAM prévoit que l'acceptation par les utilisateurs d'une TIC est basée sur l'influence de deux facteurs : l'utilité perçue et la facilité d'utilisation perçue. Le TAM pose en principe que les perceptions qu'ont les utilisateurs de l'utilité et de la facilité d'utilisation déterminent des attitudes d'utilisation des TIC.

Issue de la psychologie sociale, la théorie de l'action raisonnée suggère que le comportement d'une personne est déterminé par son intention et que cette intention est, à la fois fonction de l'attitude et de la norme subjective. L'attitude envers un comportement décrit les sentiments positifs ou négatifs liés à un comportement spécifique (ici l'utilisation d'une technologie), et la norme subjective évalue les pressions sociales exercées sur l'individu pour réaliser ou pas le comportement attendu. Concrètement, le TAM est une adaptation de la théorie de l'action raisonnée qui soutient que la croyance en l'utilité et en la facilité d'utilisation d'une TIC, sont les déterminants primaires de l'acceptation d'une TIC. De ce point de vue, l'utilité

perçue est définie comme le degré selon lequel une personne croit que l'utilisation d'une TIC augmenterait son rendement professionnel ou domestique. Quant à la facilité d'utilisation perçue, elle est définie comme le degré selon lequel une personne bénéficierait lors de l'utilisation d'une TIC d'un faible niveau d'efforts mentaux.

Les modèles basés sur la satisfaction de l'utilisateur (User information satisfaction)

Un autre approche théorique considère que l'utilisateur cherche d'abord à maximiser sa satisfaction et voit donc dans l'évaluation subjective de la satisfaction une cause déterminante du succès d'une technologie et de son utilisation (DeLone & McLean, 1992). Bailey et Pearson, (1983) ont sans doute été parmi les premiers à développer des mesures de la satisfaction à travers un questionnaire, qui évalue la participation des personnes, les relations avec les informaticiens, le soutien des fournisseurs, la qualité de l'information, le volume de rendement, la confiance en la sécurité des données… Cette approche a initié la prise en compte de deux nouvelles dimensions importantes pour apprécier l'acceptation des systèmes, à savoir la qualité du système et la qualité de l'information (DeLone & McLean, 1992). En fait, le point important de ces résultats est de considérer que l'utilisation et la satisfaction d'utilisateur deviennent les antécédents de différents impacts et notamment d'impacts organisationnels, et non plus seulement des effets annexes. La qualité du système et la qualité de l'information affectent conjointement l'utilisation du système et la satisfaction d'utilisateur. En d'autres termes, l'utilisation de la technologie sécrète en elle-même ses propres impacts, qui à leurs tours modifient la relation à la technologie. L'approche basée sur la satisfaction de l'utilisateur suggère donc implicitement un modèle de la relation humain-technologie-organisation qui soit en boucle ou en interactions itératives, et le succès dans l'utilisation est appréhendé par le niveau de satisfaction de l'utilisateur, lui-même déterminé par deux grands facteurs de qualité (information et système).

Les modèles basés sur la théorie de la disconfirmation des attentes (Expectancy disconfirmation theory)

L'approche marketing initiée implicitement avec les modèles basés sur la satisfaction a été renforcée par une série de recherches débutées à partir de Oliver (1981) qui se donnent pour objectif d'étudier les conditions de maintien de l'usage d'une technologie. Il s'agit cette fois de savoir ce qui motive une personne à continuer d'employer une TIC ? Cette question est d'autant plus importante que nous vivons dans un monde où les générations et nouvelles versions de TIC se succèdent à si vive allure que les ruptures dans l'usage deviennent des éléments à prendre en compte (Bhattacherjee, 2001 ; Khalifa et Liu, 2003). Dans ce but, la théorie de la disconfirmation se propose de rendre compte de la construction de la satisfaction selon trois processus : 1) les attentes qui sont les représentations préalables et qui forment les présuppositions sur une technologie ; 2) la performance qui correspond à l'expérience vécue c'est-à-dire ce qui a retenu l'attention lors de l'interaction avec la technologie, et 3) la disconfirmation qui est l'étape cognitive qui détermine la satisfaction en faisant l'évaluation de la congruence entre la performance et les attentes. Le modèle de la disconfirmation consiste en une évaluation comparative de la qualité du service attendue à l'avantage final obtenu par l'utilisation. La satisfaction est donc bien envisagée comme le résultat de l'évaluation d'une expérience, qui est fondamentalement une attitude vis à vis d'une utilisation d'une technologie ou plus largement d'un usage.

La théorie de la disconfirmation des attentes a ainsi permis d'expliquer l'acceptabilité des technologies de l'information, où le contexte d'usage était propice à un achat, une relation commerciale, un échange marchant ou un service en ligne. Aussi, une critique parfois adressée à cette approche est de considérer que l'utilisateur est un acteur individuel agissant indépendamment du contexte socio-organisationnel dans lequel il se trouve.

Les modèles basés sur l'agilité organisationnelle

La notion d'agilité organisationnelle renvoie à l'idée que la vitesse de transformation de l'environnement et les évolutions des marchés impliquent des changements incessants auxquels les entreprises doivent s'adapter. L'agilité organisationnelle est envisagée comme une réponse aux défis posés par un environnement techno-économique dominé par des changements continus et des incertitudes perpétuelles (Vickoff, 2003). L'agilité organisationnelle suggère un type de comportement organisationnel qui exige d'être réactif en répondant aux demandes de clients dans un environnement de marché instable et aux changements continus et imprévus. Elle représente donc la capacité d'une entreprise à produire l'information exigée pour décider efficacement dans un environnement turbulent.

De ce point de vue, les technologies nouvelles sont, à la fois, machines pour changer tant elles imposent des modifications rapides de l'organisation du travail, et moyens pour adapter l'organisation par des processus d'accompagnement qui soient ajustés aux nouvelles contraintes. Cette approche (Agile, 2004) estime que la somme des diverses formes de performances obtenues par les organisations dépend de leur agilité. Globalement, l'agilité est pensée de deux manières : (1) comme une réponse à l'accroissement et au renforcement des environnements concurrentiels qui permet d'insuffler à l'organisation réactivité et performance et (2) comme une réponse opératoire et pratique à l'évolution de la complexité des systèmes organisationnels. Dans son second aspect, l'agilité propose des méthodes, des démarches de

changement, des principes de développement de logiciels qui soulignent d'une part l'importance de l'adaptabilité sur la prédictivité, et d'autre part celle de l'efficacité d'une réponse adéquate par rapport à une analyse finie de la complexité.

La principale conséquence de cette approche sur l'acceptation des technologies est de considérer que le succès va dépendre des modalités organisationnelles de sa mise en œuvre. De ce point de vue, la manière dont se conçoivent les technologies nouvelles et en particulier le fonctionnement des équipes projets devient un enjeu pour la performance ultérieure des TIC.

Le modèle de la symbiose humain-technologie-organisation

Pour toutes les approches précédentes, la technologie est envisagée comme étant extérieure à l'individu et ce dernier accepte de l'utiliser si des conditions internes (attitudes, cognitions, représentations, perceptions…) ou externes (satisfaction attendue, contexte organisationnel, démarche d'accompagnement…) sont favorables, c'est-à-dire évaluées positivement. A l'inverse l'approche symbiotique considère que les technologies sont des prolongements de l'humain et que le développement technologique repose sur l'idée d'une proximité forte (Brangier, 2002 ; Brangier & Vallery, 2004) voire d'une fusion humain-machine ou d'interfaçage des cerveaux avec les machines (Kurzweil, 2005). Dans cette perspective, plusieurs auteurs développent la notion de symbiose humain-machine et considèrent que l'humain devient progressivement dépendant de la technologie et développe avec elle un lien intime de mutuelle influence. Métaphoriquement, les TIC se présentent donc sous la forme d'un symbiote qui « vit » avec l'humain tout comme « l'humain vit » avec elles. Autrement dit, l'approche symbiotique étudie les conditions de couplage entre les humains et les TIC en contexte, alors que les approches classiques envisagent la relation sous la forme « d'acceptation ». Dans cette perspective, la technologie n'est pas extérieure ou étrangère à l'individu, ce qui justifierait qu'on l'accepte ou pas. Mais la technologie est profondément constitutive de notre être. Elle est en nous comme nous sommes en elle. Elle est le prolongement de l'homme et lui facilite la vie en même temps qu'elle aliène la condition humaine. La relation de l'humain à la technologie est donc réflexive, elle agit sur l'humain en même temps que l'humain façonne les technologies, en les concevant ou en se les appropriant. La relation de l'humain à la technologie est une « nouvelle symbiose », et les TIC sont à considérer, métaphoriquement, comme de nouveaux symbiotes.

Réduire la fracture numérique en agissant sur l'acceptation opératoire des TIC

L'ergonomie s'attache aussi à la production de connaissances stabilisées pour concevoir et évaluer des interfaces homme-machine. Aussi vise-t- elle à la définition de préconisations sur le fond et la forme prises par l'interaction. Il s'agit tout d'abord d'heuristiques guidant la manière de concevoir, spécifier, organiser les actions et tâches de l'utilisateur en tenant compte du fonctionnement de l'humain en relation avec la technologie. Ces heuristiques visent à expliquer ce qu'il faut faire ou ne pas faire pour réaliser des interfaces adaptées aux caractéristiques et besoins de l'utilisateur. Il s'agit encore de la modélisation du fonctionnement cognitif et interactif de l'utilisateur en relation avec une machine. Enfin, l'ergonomie élabore des méthodes et démarches adaptées pour collecter les besoins des utilisateurs et pour évaluer la correspondance entre le besoin et l'interface produite. Toutes ces approches (encadré 2) concourent au même objectif : réduire la distance entre l'humain et la machine, et ainsi réduire la fracture numérique.

Encadré 2. Présentation des approches théoriques de d'acceptation opératoire des TIC

Les heuristiques de conception et d'évaluation des interfaces

Les sciences humaines et sociales ont produit des connaissances relevant de la psychophysiologie (perception, sensation, vision, audition, kinesthésie…), de la psychologie (attention, vigilance, langage, imagerie, intelligence…) de la sociologie (groupe sociaux, identité, culture, organisation sociale, acceptabilité sociale…) utilisées dans une perspective ergonomique d'adaptation des interfaces aux caractéristiques humaines. Dans ce cadre, la conception et l'évaluation des interfaces s'appuient sur des connaissances sur le fonctionnement cognitif, opératoire et social de l'utilisateur. Ce savoir a permis de dégager des grands principes sur la manière de concevoir, d'organiser et d'évaluer des interfaces. Globalement, ce savoir prend trois formes : de recommandations ergonomiques sur les

aspects techniques et humain des interfaces, des critères ergonomiques guidant la conception et l'évaluation des interfaces et enfin de standard collectivement admis et rangés dans des normes ISO.

Les recommandations ergonomiques

Les recommandations ergonomiques représentent un ensemble de préconisations concernant la manière d'organiser l'interface homme-machine. Elles se présentent comme adaptées ou mieux adaptables à un grand nombre d'utilisateurs. Elles concernent généralement des aspects de "surfaces" de l'interaction, en s'attachant à dire ce qu'il faut ou ne faut pas faire pour faciliter l'interaction entre l'utilisateur et l'interface au niveau des interactions : sensori-motrices, perceptives, linguistiques et globales entre l'utilisateur et la machine, où il s'agit d'analyser comment la structure d'un logiciel est adaptée et adaptable aux modes de raisonnement mis en jeu par l'utilisateur dans la réalisation de sa tâche. Pris dans leur globalité, les recommandations abordent les couches superficielles de l'interface, c'est-à-dire sa partie visible. Elles permettent de justifier des choix de conception du contenu et du contenant d'un dialogue interactif en fournissant une métrique de conception et d'évaluation des interactions humain-logiciel.

Les critères ergonomiques

Une des principales difficultés de la mise en oeuvre des recommandations ergonomiques est sans conteste leur caractère pléthorique. Certains auteurs en dénombrent plus de six cents et leur nombre croit aussi rapidement que les avancées technologiques. Pour remédier au nombre impressionnant de recommandations, d'autres travaux, comme ceux de Scapin et Bastien (1997) et de Bach (2004), ont proposé de structurer les recommandations sous la forme de critères ergonomiques, qui présentent une sorte de catégorisation des recommandations (guidage, charge de travail, brièveté, contrôle explicite, adaptabilité, gestion des erreurs, homogénéité/cohérence, signifiance des codes, dénominations et comportements, compatibilité). Ces critères ergonomiques proposent une configuration des connaissances relatives à la performance et à la satisfaction des utilisateurs. Ils correspondent à une sorte de guide qui repose sur l'idée implicite qu'une interface est adaptée à l'utilisateur lorsqu'elle satisfait ces différents critères.

Les normes ergonomiques

Une autre façon d'appréhender l'ergonomie des interfaces est de les rendre conformes aux exigences de normes. Les normes ou standards ergonomiques sont un ensemble de règles définissant des préconisations pour concevoir et réaliser des systèmes qui garantissent un niveau élevé de confort, de performance, de satisfaction, de bien-être et de sécurité dans l'utilisation de systèmes techniques. Une norme se présente sous la forme d'un document consensuel et approuvé par des autorités reconnues, et fournit des règles, des façons de faire, des principes s'attachant à obtenir un niveau optimal d'ordre dans un contexte donné. La première est la norme ISO 9241 qui concerne les exigences ergonomiques pour le travail de bureau avec des terminaux à écran de visualisation. Elle définit les lignes directrices de l'utilisabilité dans le secteur des systèmes informatiques. La deuxième est la norme ISO 13907 s'intitulant : « processus de conception centrée sur l'opérateur humain pour les systèmes interactifs ». Destinée aux gestionnaires de projet, cette norme fournit un guide des sources d'information et des principes d'organisation de projet centré sur l'opérateur humain. La troisième norme concerne la « conception d'interfaces utilisateur multimédia » (ISO 14915) qui fournit des recommandations sur la conception des contrôles, sur la navigation, sur les bornes interactives, sur la formation assistée par ordinateur et plus généralement sur la conception des médias électroniques. En marge de ces normes, citons encore le document ISO/TS 16071 qui est une spécification technique de l'accessibilité des logiciels pour les personnes à besoins spécifiques (handicap visuel, moteur, sensoriel, mental).

Les modèles des interactions, des tâches et des utilisateurs

Très souvent, le point de passage obligé de la conception des interfaces réside dans la prise en compte par le concepteur des connaissances qui constituent le modèle mental de l'utilisateur. Ainsi, les caractéristiques des connaissances et la façon dont elles sont activées, conditionnent l'interaction utilisateur-ordinateur. Ce modèle décrit la vue que l'utilisateur a, ou est censé avoir, de son problème et les moyens nécessaires à sa résolution. Il ne s'attache pas exclusivement aux détails précis du système, mais il doit prendre en compte les fonctionnalités et leurs relations en les structurant selon une grammaire et des symboles chargés de formaliser l'interaction entre l'humain et la machine. Les modèles reposent donc une notation qui décrit l'interaction entre un ensemble d'objets et un ensemble d'actions contrôlé et supporté par l'utilisateur et la machine. Plus généralement, une théorie optimale du modèle utilisateur doit pouvoir définir comment les objets mentaux et les objets physiques sont fondés, spécifiés, structurés et reliés entre eux. De la sorte, il est primordial pour la définition d'un modèle utilisateur de préciser les objets importants qui sont manipulés (pour une approche de ces aspects, le lecteur pourra se référer à Diaper et Stanton, 2004).

Quels sont les apports méthodologiques de l'ergonomie à la réduction de la fracture numérique ?

Pour que de la rencontre entre l'utilisateur et le concepteur puissent aboutir à des interfaces adaptées et plus généralement à de nouveaux systèmes techniques satisfaisants, des moyens de compréhension mutuelle sont nécessaires. Dans ce domaine, l'ergonomie s'est tout d'abord appuyée sur les méthodes classiques des sciences humaines et sociales, puis a développé ses propres méthodologies d'évaluation et de conception (encadré 3, le lecteur pourra se référer à Brangier et Barcenilla (2003) pour un exposé plus détaillé).

Encadré 3. Panorama des méthodes de conception et d'évaluation TIC

Les méthodes d'analyse des usages

L'analyse des usages vise à recueillir des données sur la manière dont les personnes utilisent des interfaces, pour corriger les interfaces existantes en améliorant leur utilisabilité d'une part, et, à concevoir de nouveaux produits, de nouvelles fonctionnalités, de nouvelles pratiques sociales d'autre part. Elles s'appuient sur des descriptions extensives de la réalité et s'inspirent de la méthode ethnographique. L'analyste joue le rôle d'observateur « parachuté » dans un groupe social et exerce sa sagacité à relever tout ce qui est digne d'être noté sur le comportement des utilisateurs et sur le contexte d'usage. Cette perception aiguë des points de vues possibles repose sur la maîtrise de techniques de recueil de connaissances. Les enquêtes d'usage impliquent obligatoirement d'aller sur le terrain, de rencontrer les utilisateurs cibles et de mettre en œuvre plusieurs techniques de recueil de données (entretiens, questionnaires, observations, études traces de l'usage…), sans négliger aucune variable.

Les méthodes d'inspection de l'utilisabilité des interfaces

Les méthodes d'inspection de l'utilisabilité d'une interface consistent à évaluer ses capacités à être efficace, efficiente, tolérante aux erreurs, facile à apprendre et satisfaisante pour ses utilisateurs. Ces évaluations, menées par des spécialistes de l'utilisabilité, sont réalisées à partir d'interactions avec l'interface, de manière à en dégager les points forts et les points faibles. Parmi les techniques d'inspection, certaines se réfèrent aux connaissances de l'évaluateur, d'autres à des outils pour appréhender l'utilisabilité de l'interface, et d'autres enfin à des modèles des interactions humain-machine. Lors d'une inspection heuristique, un expert (ergonome, psychologue, professionnel de l'utilisabilité) examine une interface pour identifier le plus grand nombre de difficultés possibles. Pour ce faire, il s'aide souvent d'une grille de critères ergonomiques (comme par exemple : compatibilité, consistance, lisibilité, charge de travail, brièveté…). L'inspecteur interagit avec l'interface et évalue dans les détails, l'ensemble des aspects ergonomiques.

Les méthodes d'expérimentation

Certaines méthodes cherchent à mesurer expérimentalement l'adéquation d'une interface aux utilisateurs cibles. On parle alors de tests d'utilisabilité menés dans un laboratoire d'usage, spécialement dédié à ce genre d'investigation. Un test est une situation contrôlée permettant la vérification des options d'utilisabilité prises lors de différentes phases de la conception de l'interface. Généralement basé sur des scénarios réalistes d'utilisation un échantillon d'utilisateurs cible se livre à l'usage d'une interface dans une pièce où ils se savent observés (miroirs sans tain, caméras, microphones, magnétoscopes). Les résultats des tests sont analysés de manière quantitative (nombre d'erreurs, temps d'exécution, performance…) et qualitative (impression, vécu subjectif, sentiment de satisfaction…). Ils sont ensuite interprétés par les évaluateurs afin de proposer des améliorations de l'interface. Un test représente donc une situation privilégiée pour observer l'utilisateur avant la diffusion du système et ainsi corriger ou valider des choix de conception.

Les méthodes participatives et créatives

A l'opposé de la rigueur de l'expérimentation se trouvent des méthodes plus souples basées sur la créativité et la participation des utilisateurs. Ces dernières donnent de l'importance aux émotions, à la sensibilité ou encore aux communications entre les acteurs des projets technologiques. Elles complètent astucieusement la panoplie des méthodes centrées sur l'analyse de l'activité réelle. Dans ce cas de figure, l'utilisateur n'est pas considéré comme une simple source d'information, mais comme un acteur à part entière du système. Ainsi, il pourra être sollicité pour dessiner ses interfaces, pour participer à leur implémentation avec un générateur d'interface, pour les tester et les faire évoluer. Cette participation repose sur l'idée que la participation directe de l'utilisateur augmente l'acceptation du changement technologique. Ce type de méthodes renvoie donc aux modalités de conduite du projet technologique et à ses dimensions humaines.

Quels résultats sont obtenus par les démarches ergonomiques ?

Les théories, méthodes, concepts provenant de l'ergonomie cognitive et organisationnelle sont suffisamment éprouvés pour fournir une palette d'interventions et de résultats des plus intéressants. Le choix d'une ou de deux interventions est donc extrêmement difficile. Par effet de contraste, je me propose de restituer deux exemples très différents de ce que peut produire l'ergonomie lorsqu'il s'agit de réduire la fracture numérique. La première illustration concerne une seule personne, gravement malade et aujourd'hui décédée. La seconde concerne tout le monde, enfin tous les électeurs.

Le cas d'une TIC spécifique : améliorer le confort de fin de vie des personnes handicapées tétraplégiques aphasique en fin de vie

La question que nous voulons aborder maintenant est celle des relations possibles entre un environnement numérique particulier – une interface de communication – et la situation de fin de vie de malades graves (Sclérose latérale amyotrophique, Locked in syndrom, Tétraplégie). Ce type de personne est confronté aux privations anatomiques et fonctionnelles, confronté aux avoirs et pouvoirs perdus à l'occasion d'une maladie grave. Il fait l'expérience profonde de la privation. Cette privation est bien évidemment liée à son handicap et peut conduire à d'autres privations d'ordre relationnelle, intellectuelle et culturelle, même si son handicap n'induit pas forcément une pathologie mentale. Ces très graves maladies se caractérisent donc par la privation progressive de ses 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. La personne 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 valide(s). 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. C'est dans cette perspective que nous avons conçu la téléthèse Edith (Brangier & Pino, 2000 ; 2002) qui 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.

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 préenregistrées et d'appeler le personnel soignant.

Placée en unité de soins palliatifs auprès de Jacques (56 ans, décédé, atteint de sclérose latérale amyotrophique), l'évaluation d'Edith a permis de souligner que toutes les fonctionnalités de l'interface étaient utilisées (Brangier & Pino, 2000a). Les résultats montrent que la technologie rend, non seulement les choses plus faciles à accomplir, mais surtout qu'elle les rend possibles (Brangier & Pino, 2000b). 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. Tue 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.

Le cas d'une TIC pour tous : fracture sociale et vote électronique

En l'an 2000, les élections à la présidence des Etats-Unis ont donné un bel exemple de cafouillage 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 numériques.

Par voie de conséquence, l'organisation des interactions électeur-urne peut influencer directement le fonctionnement démocratique et la légitimité des choix exprimés. L'urne ne

peut donc être résumée à un dispositif de saisie d'un choix mais représente une structure artefactuelle où les choix individuels doivent pouvoir s'exprimer le plus facilement possible, sans exclure aucune personne ayant droit de vote. Son acceptation sociale implique non seulement un niveau d'utilisabilité très élevé et adapté à tous les électeurs, mais aussi une bonne compatibilité avec les exigences des droits humains fondamentaux et une légitimité socialement partagée. L'ergonomie de l'urne est donc un aspect essentiel de son acceptation et de son usage. Les caractéristiques de l'urne électronique constituent un cadre général facilitant ou complexifiant le processus de vote.

Plusieurs études ergonomiques (Michel, De Abreu, 1999 ; 2005) ont souligné les problèmes d'utilisabilité et d'accessibilité réels sur les interfaces de vote. À la lumière de plusieurs résultats, il est indispensable de suivre un ensemble de principes ergonomiques de conception afin de rendre les systèmes de vote électronique accessibles et légitimes. Ci-dessous, 11 principes ergonomiques définissent plus précisément les modalités pratiques de l'utilisabilité politique. Ils se veulent universels et instantiables, c'est-à-dire applicables à toutes les urnes quel que soit le pays ou le type d'élection. Présentons les rapidement (Cybis De Abreu, Michel & Brangier, 2007).

1. Flexibilité modale: prévoir différents modes d'affichage d'information. Ceux-ci pourraient typiquement se présenter sous les formes visuelle, textuelle et picturale, ainsi que sonore, tactile (Braille) voire haptique;
2. Guidage explicite: l'interface doit accueillir les électeurs et les inviter à l'interaction d'une façon amicale (personnalisée), claire et détaillée, tout en conservant un style concis. Les libellés doivent être précis et complémentés par des instructions détaillées concernant la tâche de vote;
3. Lisibilité accrue; surtout pour les malvoyants et les seniors. Pour cela il faut prévoir des contrastes importants ainsi que des mécanismes simples d'agrandissement de l'écran;
4. Langage électoral: Faire appel aux termes de langage spécifiques des élections, éviter d'employer des dénominations liées à la technologie. Par exemple, utilisez "Voter" au lieu de "Confirmer";
5. Focalisation de l'attention; les informations et les contrôles doivent être disposés aussi proches les uns des outres que possible de manière à toujours centraliser l'attention des électeurs sur un même point de l'interface. Ainsi, lorsqu'un écran tactile n'est pas disponible, les touches du clavier devraient être disposées autour de l'écran;
6. Feedback/contrôle global: lorsque plusieurs votes ont été effectués il faut présenter, à la fin des interactions, un bilan de ces votes, et donner aux électeurs la possibilité de tout annuler et de recommencer le vote;
7. Protections des votes importants; étant donné que les situations d'erreur peuvent entraver les votes des électeurs, lorsque plusieurs votes sont à définir dans une seule séance, il est conseillé de commencer par les votes les plus importants.
8. Délimitation claire des votes: lorsqu'il faut effectuer dans la même session plusieurs votes, il faut fournir des indications évidentes (visuelles et/ou sonores) de la fin de chaque vote et du début du vote suivant;
9. Correction intuitive des erreurs : il faut noter que plus le niveau de développement d'un pays est bas, plus nombreux seront les exclus technologiques. Pour ces pays, le niveau d'accessibilité est encore plus sensible et en conséquence, ces principes devraient être respectés à la lettre, en particulier celui du contrôle global. Même l'électeur le plus défavorisé devrait avoir à tout moment l'opportunité de corriger aisément ses différentes actions et de tout annuler.
10. Compatibilité avec les objectifs des électeurs: il doit y avoir une correspondance directe entre les objectifs des électeurs (voter pour un candidat, pour un parti, voter en blanc, annuler le vote) et les options de commande dans l'interface. La réalisation de ces objectifs ne doit jamais être associée à des actions exotiques, comme saisir le code

d'un candidat inexistant.

11. Support à la confiance : les interfaces pour le registre électronique de vote doivent rassurer l'électeur sur la fiabilité du système, en prévoyant par exemple, l'impression du bulletin de vote rempli électroniquement. L'électeur pourra faire confiance à un système qui lui permettre de tenir dans ses mains et vérifier son vote avant de le déposer dans l'urne.

Les concepteurs d'urnes électroniques devraient appliquer non seulement ces principes spécifiques au domaine de l'urne électronique, mais également les compléter par les recommandations, normes et critères ergonomiques classiques (Brangier & Barcenilla, 2003). Il faut noter aussi que lorsque le vote est un acte obligatoire les besoins d'utilisabilité reposent sur l'efficacité et l'efficience des interactions principalement. La satisfaction des électeurs sera dans ces cas, un aspect facultatif. Par contre, lorsque le vote est non obligatoire, les urnes devraient devenir un moyen d'augmenter le nombre de votants par rapport au vote traditionnel. Dans ce cas, la satisfaction des électeurs devrait être un objectif important du système de vote électronique. Des principes concernant un design esthétique et minimaliste, tels que ceux définis par Nielsen, pourraient alors s'appliquer, sans pour autant nuire à l'accessibilité des interfaces.

L'urne électronique se présente donc bien comme un environnement numérique qui fonctionne comme un système de prescriptions des conduites humaines. Ici, le rôle de l'ergonomie est de contribuer à la restitution fidèle de l'opinion politique de la personne.

Conclusion

Pour certains, le problème central de la fracture numérique est le sous-développement, qui relève des inégalités nord-sud, régionales ou socio-économiques. De ce point de vue, la fracture numérique est envisagée comme la projection des inégalités dans le registre du numérique. Dans ce cas, des interventions visant à réduire les inégalités (on pense à la formation, à l'éducation, à la mise à disposition de matériel…) suffiraient à améliorer l'usage des technologies nouvelles. Pour l'ergonomie, le problème est plus complexe. En effet, le développement des technologies numériques implique non seulement de former les humains et de leur donner les moyens d'agir, mais aussi et surtout d'adapter les technologies à l'humain.

Dans cette perspective, ce papier souligne que la technologie est une matière d'intervention pour l'ergonome, dans le sens où les manières d'aménager, de situer et d'organiser les environnements numériques façonnent, indirectement au moins, les conduites humaines. Concevoir des environnements numériques, ce n'est pas concevoir des applications pour des ordinateurs, mais c'est concevoir ce que les gens vont faire avec elles. Pour ce faire, nous avons montré que l'ergonomie dispose d'un corpus scientifique et méthodologique conséquent. Ces connaissances s'attachent à réduire la fracture numérique et s'appliquent dans des domaines aussi variés que les maladies graves ou les choix électoraux. Dans le cas des grands handicapés, l'intervention sur le technologique est fondamentalement 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. Dans le cas du vote électronique, l'intervention concerne plus l'élaboration de recommandations sur le fonctionnement humain, qui s'expriment au niveau de l'interface technique.

Bibliographie

Agile (2004), *http://agiledevelopmentconference.com/*

Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(1), 179–211.

Bach, C. (2004). *Elaboration et validation de critères ergonomiques pour les interactions homme-environnements virtuels.* Thèse de Doctorat. Université de Metz.

Bailey, J.L.& Pearson, S.W. (1983). Development of a tool for measuring and analysing computer user satisfaction , *Management Science*, 29, N°5, 530-545

Bender, J., De Haan, J., & Bennett, D. (1995). *The symbiosis of work and technology*. In J., Bender, J., de Haan, & D., Bennett. London : Taylor & Francis.

Bhattacherjee, A. (2001). Understanding information systems continuance: an expectation-confirmation model. *MIS Quarterly*, 25(3), 351–70.

Bhattacherjee, A., & Premkumar, G. (2004). Understanding changes in beliefs and attitudes toward IT usage. *MIS Quarterly*, 28(2).

Brangier E., Pino P., Le Drezen, A., & Lamazière, J. (1997). Prothèse interactionnelle, Pallier les déficits interactionnels des handicapés lourds avec une interface de contrôle d'environnement, In J-C. Rault (Coord), *Interface*, Paris : EC2, 156-162.

Brangier, E. (2002). L'assistance technique comme forme de symbiose entre l'homme et la technologie. Esquisse d'un modèle de la symbiose homme-technologie-organisation. *Revue d'Interaction Homme-Machine*, 3(2), 19-34.

Brangier, E. (2003). La notion de « symbiose homme-technologie-organisation ». In N. Delobbe, G. Karnas, & Ch. Vandenberg, *Évaluation et développement des compétences au travail*, (pp. 413-422). UCL : Presses Universitaires de Louvain, 3.

Brangier, E., & Barcenilla, J (2003). *Concevoir un produit facile à utiliser : adapter les technologies à l'homme*. Paris : Éditions d'organisation.

Brangier, E., & Pino, P. (2000a) La sclérose latérale amyotrophique : approche ergonomique d'une assistance technique à des malades en fin de vie, *Le travail humain*, 63, 2, 171-190.

Brangier, E., & Pino, P. (2000b). Psychodesign of interaction : communication system design for patient suffering amyotrophic lateral sclerosis. *International Journal of design sciences and technology*, 2, 33-52

Brangier, E., & Vallery, G. (2004). Aspects psychologiques et organisationnels du développement des nouvelles technologies de la communication et de l'information. In Brangier, E., Lancry, A., & Louche, C. (Eds), *Les dimensions humaines du travail : théories et pratiques de la psychologie du travail et des organisations*, (pp. 213-250). Nancy : PUN.

Davis, F.D. (1989). Perceived usefulness, Perceived ease of use, and User acceptance of Information technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319-339.

DeLone, W.H., & McLean, E.R. (1992). Information systems success: the quest for the dependent variable, *Information Systems Research*, 3(1), 60-95.

Diaper D., Stanton N.A. (2004). *The Handbook of Task Analysis for Human-Computer Interaction*, Mahwah:Lawrence Erlbaum Associates.

Fishbein, M, & Ajzen, I. (1975). *Belief, attitude, intention and behavior: an introduction to theory and research*. Reading, MA: Addison-Wesley.

Kurzweil, R. (2005). *The Singularity Is Near : When Humans Transcend Biology*. New-York : Penguin Books.

Licklider, J.C.R., (1960). Man-Computer Symbiosis. *IRE Transactions on Human Factors in Electronics*, Vol HFE-1, March, 1960, 4-11.

Michel, G. & De Abreu, W. C. (1999). Vers une exclusion technologique : expérience de l'évaluation ergonomique du vote électronique au Brésil, In B. Nanard (Eds), *IHM 99*, Toulouse : Cépaduès, 53-62.

Michel, G. A., & De Abreu, W. A., (2005). Electronic voting for all: the experience of the Brazilian computerized voting system, *UPA Conference 2005*, Montreal, Canada

Cybis de Abreu, W., Michel, G., Brangier, E. (2007, à paraître) L'ergonomie dans l'enjeu démocratique du vote des citoyens : éléments d'utilisabilité électorale. In M.E Bobillier Chaumon (Eds) *Nouvelles technologies et nouveaux services*, PUG.

Oliver R. L. (1981). Measurement and Evaluation of Satisfaction Processes in Retail Settings. *Journal of Retailing*, 57(3), fall, 25-48.

Parasurama, A., Zeithaml, V. A., & Berry, L. L. (1985). A conceptual model of service quality and its implications for future research. *Journal of Marketing*, 49(4), 41-54.

Scapin, D. L., & Bastien, J. M. C. (1997), Ergonomic criteria for evaluating the ergonomic quality of interactive systems. *Behaviour & Information Technology*, 16, 220-231.

Vickoff, J-P. (2003). *Systèmes d'information et processus agiles*. Paris : Hermès.