

ERGONOMIE COGNITIVE DES DOCUMENTS ELECTRONIQUES

Aline Chevalier & André Tricot (Eds.)

I. CURRICULUM VITÆ DES AUTEURS

Aline Chevalier est Maître de Conférences en Psychologie Cognitive et Ergonomique au sein de l'U.F.R. des Sciences Psychologiques et Sciences de L'Éducation de l'Université de Paris X-Nanterre. Elle conduit ses recherches sur le thème des processus cognitifs impliqués dans la conception et l'utilisation de sites Web dans le laboratoire "Processus Cognitifs et Conduites Interactives" (EA 1588) de l'Université de Paris X-Nanterre. Elle est membre associé au laboratoire Cognition et Usages de l'Université de Paris VIII.

André Tricot est Maître de Conférences à l'IUFM de Midi-Pyrénées et membre du Laboratoire CNRS "Travail et Cognition" de l'Université de Toulouse le Mirail. Il est également directeur de l'Équipe de Recherche Technologique "hypermédias et apprentissages" et expert auprès de l'OCDE et de l'Union Européenne.

Franck Amadiou est Doctorant en Psychologie Cognitive et Ergonomie à l'Université de Toulouse le Mirail (Laboratoire Travail et Cognition, UMR 5551). Ses travaux de recherche portent sur les effets, dans les apprentissages avec hypertexte, de l'organisation des connaissances antérieures des apprenants (niveaux d'abstraction) et de la structuration des hypertextes.

Thierry Baccino est Professeur de Psychologie Cognitive à l'Université de Nice Sophia-Antipolis (UNSA). Il dirige le Master Professionnel d'Ergonomie Cognitive des NTIC de l'UNSA. Il a reçu récemment un prix Fulbright (2004) pour poursuivre ses recherches à *l'Institute of Cognitive Science* (University of Colorado, USA). Ses travaux portent sur la psychologie cognitive de la lecture et notamment la lecture électronique.

Christian Bastien est Maître de Conférences en Psychologie et en Ergonomie des logiciels interactifs, du Web et des nouvelles technologies au sein de l'Institut de Psychologie de l'Université René Descartes - Paris 5. Il est rattaché au Laboratoire d'Ergonomie Informatique où il poursuit des recherches sur les méthodes de conception et d'évaluation ergonomiques des systèmes interactifs.

Claude Bastien est Professeur en Psychologie Cognitive à l'Université de Provence. Il conduit ses recherches au sein du Laboratoire Parole et Langage du CNRS. Il travaille dans le domaine du développement cognitif et des apprentissages, chez l'enfant et l'adulte, ainsi que dans le domaine de l'ergonomie des interactions homme – machine. Il est co-responsable du Master Professionnel d'Ergonomie Cognitive de l'Université de Provence.

Mireille Bétrancourt est docteur en Sciences Cognitives. Elle s'intéresse au traitement cognitif des documents multimédia (production, compréhension) et tout particulièrement à l'effet du format de présentation des informations sur la compréhension du lecteur. Ces recherches sont conduites dans une perspective ergonomique d'amélioration de l'interaction homme-machine. Elle est actuellement Professeure en Technologies de l'information et processus d'apprentissage à l'Université de Genève où elle dirige le TECFA.

Stéphane Caro est Docteur en sciences de l'information et de la communication. Il est Maître de Conférences à l'université de Bourgogne (IUT de Dijon) et chercheur au laboratoire de recherche sur l'image, les médiations et le sensible en information-communication (LIMSIC).

Julien Cegarra est docteur en Psychologie Cognitive et Ergonomique. Il conduit ses recherches au sein de l'Institut de Recherche en Communication et Cybernétique de Nantes (IRCCyN-CNRS UMR 6597), dans l'équipe PsyCoTec (Psychologie, Cognition, Technologie). Il est A.T.E.R. à l'Université de Bretagne Sud.

Teresa Colombi est A.T.E.R. à l'Université de Nice-Sophia Antipolis (Laboratoire de Psychologie Expérimentale et Quantitative, EA 1189). Enseignante en Ergonomie Cognitive, elle s'intéresse notamment aux problématiques liées à l'utilisation des hypertextes en employant l'analyse des mouvements oculaires.

Frédérique Cuisinier est Maître de Conférences en Psychologie Cognitive et Différentielle au sein de l'U.F.R. des Sciences Psychologiques et Sciences de L'Éducation de l'Université de Paris X-Nanterre. Elle conduit ses recherches dans le laboratoire "Processus Cognitifs et Conduites Interactives" (EA 1588) de l'Université de Paris X-Nanterre.

Bruno De Cara est Maître de Conférences en Psychologie du Développement à l'Université de Nice-Sophia Antipolis (Laboratoire de Psychologie Expérimentale et Quantitative, EA 1189). Il s'intéresse aux mécanismes fondamentaux d'apprentissage de la lecture et de l'écriture à

travers les langues, ainsi qu'à la remédiation des difficultés d'apprentissage de la lecture au moyen d'exercices informatisés.

Jérôme Dinet, psychologue et docteur en Psychologie, travaille au laboratoire Langage et Cognition (LaCo, Université de Poitiers) et est membre de l'équipe de recherche en technologie "Ingénierie des ressources médiatiques pour l'apprentissage". Ses principaux thèmes de recherche concernent les processus cognitifs impliqués lors d'interactions homme-machine dans les environnements dédiés aux enseignements et aux apprentissages. Les comportements et stratégies d'apprenants recherchant des informations dans les environnements informatiques sont au centre de ses préoccupations.

Franck Ganier est Maître de Conférences en Psychologie et Ergonomie Cognitives à l'Université de Bretagne Occidentale (Brest). Il conduit ses recherches au Centre de Recherches en Psychologie, Cognition, Communication (CRPCC) (EA 1285) à l'Université de Haute-Bretagne, Rennes 2.

Catherine Garitte est Maître de Conférences en Psychologie du Développement au sein de l'U.F.R. des Sciences Psychologiques et Sciences de L'Éducation de l'Université de Paris X-Nanterre. Elle conduit ses recherches dans le laboratoire "Processus Cognitifs et Conduites Interactives" (EA 1588) de l'Université de Paris X-Nanterre.

Nadia Gauducheau Docteur en Psychologie. Elle est en stage post-doctoral à l'Université de Technologie de Troyes, Laboratoire ISTIT (Institut de Sciences et Technologies de l'Information de Troyes), équipe Tech-CICO (Technologies de la Coopération pour l'Innovation et le Changement Organisationnel).

Dana Goldsmith est Psychologue. Elle a suivi le DESS de Psychologie Cognitive de l'Expertise et Aides à la Conception d'Outils Éducatifs de Paris X-Nanterre. Avant d'intégrer le DESS de Paris X-Nanterre, elle a effectué ses études à l'Université de San Jose (USA).

Majid Ihadjadene est Maître de Conférences au département de Sciences de l'Information et de la Communication de l'Université Paris X et membre du "Centre de recherche en information spécialisée" de l'Université Paris X. Ses travaux portent sur la conception et l'évaluation des moteurs de recherche, outils de veille et bibliothèques numériques.

Melody Ivory est Professeur Associé à la "Information School" et Professeur Adjointe au "Department of Computer Science and Engineering" de l'Université de Washington (Seattle,

USA) (<http://www.ischool.washington.edu/myivory/>). Une des parties importantes de sa recherche concerne une quête constante vers la qualité des sites Web. Elle dirige le projet WebTango qui examine les différentes façons possibles d'améliorer l'interaction avec l'information en ligne au travers de systèmes d'aide à l'évaluation et d'études empiriques. Elle a récemment publié l'ouvrage intitulé "Automated Web Interface Evaluation" chez Kluwer Academics Publishers.

Céline Lemerrier est Maître de Conférences en Psychologie Cognitive et Ergonomie à l'Université Toulouse le Mirail et membre du Laboratoire CNRS "Travail et Cognition" de l'Université de Toulouse le Mirail. Ses recherches portent sur l'attention et les nouvelles technologies.

Eric Jamet est Maître de Conférences à l'Université de Haute – Bretagne à Rennes, où il conduit ses recherches au sein du Laboratoire de Psychologie Expérimentale (CRPCC). Ses recherches portent sur les effets des formats de présentation des documents sur la compréhension et l'apprentissage.

Marie-Louise Le Rouzo est Maître de Conférences au département de Psychologie de l'Université Paris X et membre de l'EA 1588 "Processus Cognitifs et conduites interactives" de l'Université Paris X. Ses travaux portent sur le vieillissement cognitif, le développement du lexique et la cognition spatiale.

Daniel Martins est Professeur de Psychologie Cognitive au département de Psychologie de l'Université - Paris X et Directeur de l'équipe Psychologie Cognitive des conduites complexes : EA 1588 Processus cognitifs et conduites interactives. Ses travaux portent sur la compréhension de textes et sur l'activité de recherche d'informations sur Internet.

Jean-François Rouet est Directeur de Recherche au CNRS et responsable du Laboratoire CNRS Langage et Cognition de l'Université de Poitiers. Il est membre de la Section d'évaluation de la recherche en psychologie au CNRS et de l'Observatoire National de la Lecture.

Aurore Russo est Doctorante en Psychologie Cognitive à l'Université de Nice-Sophia Antipolis (Laboratoire de Psychologie Expérimentale et Quantitative, EA 1189). Ses travaux de recherche visent à différencier l'influence du contexte textuel et du contexte phrastique durant la lecture via la méthode du pistage oculaire.

Maeva Strahm est Allocataire de Recherche en Psychologie Cognitive à l'Université de Nice-Sophia Antipolis. Elle conduit ses recherches sur les documents électroniques multimodaux en employant la technique d'enregistrement oculométrique dans le Laboratoire de Psychologie Expérimentale et Quantitative (EA 1189).

Jean Vanderdonckt est Professeur d'Informatique dans l'Unité de Systèmes d'Information de l'Université catholique de Louvain où il dirige le Belgian Laboratory of Computer-Human Interaction (BCHI - <http://www.isys.ucl.ac.be/bchi>) dédié à l'ingénierie des interfaces homme-machine. Il est co-éditeur en chef de la série d'ouvrages Human-Computer Interaction Series chez Springer Verlag et coordinaute de la partie Interaction Homme-Machine du réseau d'excellence européen SIMILAR consacré aux interfaces multimodales (<http://www.similar.cc>). Il a été professeur invité à Stanford University en 2000 pour la conception assistée d'interfaces homme-machine.

II. PRÉSENTATION DE L'OUVRAGE

II.1. Intérêts pour les documents électroniques

Les documents électroniques multimédias sont aujourd'hui très répandus dans le monde du travail, de l'éducation, des services, de la vie quotidienne, de la culture et des loisirs. On les trouve par exemple sous forme de cédéroms, de DVD (encyclopédies électroniques, cédéroms culturels ou ludiques) ou de sites Web (institutionnels, commerciaux, personnels, etc.). Ces documents connaissent un succès fulgurant : si la quantité de documents produits au cours de l'histoire de l'humanité double tous les vingt mois selon le *Journal of the American Society for Information Science*, la quantité de pages Web, elle, double chaque année (Pirulli & Card, 1999), pour passer de quelques centaines de pages au début des années 1990 à plus de huit milliards, quatorze ans après.

Plusieurs facteurs rendent les documents électroniques attrayants à la fois pour les concepteurs et les utilisateurs. Tout d'abord, les coûts financiers et techniques relativement faibles du développement des documents électroniques – de plus en plus d'éditeurs de pages

H.T.M.L. du type W.Y.S.I.W.Y.G.¹ sont utilisés (tels que Macromedia Dreamweaver[®] ou Adobe GoLive[®], certains de ces éditeurs étant même gratuits, comme Nvu[®]) – et la facilité pour atteindre rapidement un large public expliquent en partie l'intérêt pour ces documents. En effet, il n'est plus nécessaire d'être informaticien-ne pour pouvoir réaliser de tels documents, puisque ces outils sont relativement simples d'utilisation après une courte période d'apprentissage. En outre, le développement des moyens d'accès au Web offre aux personnes la possibilité de chercher tout type d'informations, servant ainsi en quelque sorte de mémoire externe, en leur permettant d'avoir accès à une quantité et une diversité d'informations.

Par ailleurs, les avancées technologiques offrent la possibilité aux concepteurs de documents électroniques de présenter les informations en utilisant différents médias (textes, images, animations, vidéo). On assiste ainsi à un accroissement de documents multimodaux, ce qui conduit à la conception de documents complexes de part cette particularité, en particulier pour les futurs utilisateurs. La structure et les fonctionnalités de ces documents sont elles-mêmes peu stables d'un document à l'autre, des formes canoniques n'existent pas encore, de sorte que l'utilisateur a souvent des difficultés à se repérer dans le document et à l'utiliser efficacement (Stanton, Correia, & Dias, 2000 ; Oulasvirta, 2004). Cette forte croissance du nombre de documents électroniques a également comme corollaire une augmentation du nombre d'utilisateurs sans formation en recherche d'information (Tricot & Rouet, 2004), et pouvant accéder aux bases de données électroniques (Koenemann & Belkin, 1996).

Compte tenu de la complexité, de l'abondance des documents électroniques et du manque de connaissances des utilisateurs, il en résulte que ces documents sont souvent jugés comme difficiles d'accès et d'utilisation, ce qui conduit ainsi à une utilisation non optimale de ces documents.

Face à ce succès public et commercial, ainsi qu'aux difficultés rencontrées par les utilisateurs des documents électroniques complexes, nous avons assisté au développement de différents axes de recherche dans de nombreuses disciplines telles que l'informatique documentaire, les sciences et technologies de l'information et de la communication, les bases de données, les sciences de l'éducation, mais aussi l'ergonomie, la psychologie cognitive ou encore la sociologie des usages.

¹ What You See Is What You Get, soit "ce que vous voyez est ce que vous avez".

Dans le cadre de cet ouvrage, nous nous intéressons aux travaux consacrés à l'amélioration de la conception et de l'utilisation des documents électroniques, travaux s'inscrivant donc principalement dans le champ de la psychologie cognitive et ergonomique. Il semble en effet que ces documents, s'ils ont un indéniable succès quantitatif, posent de nombreux problèmes d'utilisation. Ils sont souvent conçus par des personnes qui n'ont pas de connaissances en ergonomie, ni même parfois dans le domaine des méthodes de conception, celui des interfaces humains-machines, ou celui des images numériques. Le résultat est connu : de nombreux documents électroniques sont difficiles à utiliser, à lire, à comprendre et ne satisfont pas les besoins des utilisateurs. Cela explique, en partie au moins, que la moitié des recherches d'informations sur le Web se soldent par un échec (Nielsen, 1999, 2000).

L'objectif de cet ouvrage est donc de présenter les recherches qui contribuent aujourd'hui à améliorer la conception et l'utilisation des documents électroniques ainsi diffusés, que ces documents soient à des fins professionnelles et/ou personnelles.

II.2. Articulation des parties et chapitres de l'ouvrage

II.2.1. Présentation générale

Dans l'objectif d'aboutir à une vue d'ensemble des travaux, conduits au cours de ces dernières années, relatifs à l'utilisation et à la conception de documents électroniques, ainsi que les aides apportées pour développer des documents adaptés au fonctionnement cognitif des utilisateurs, nous avons choisi d'aborder ce thème selon quatre points, ce qui nous conduit à distinguer quatre parties dans l'ouvrage.

Les deux premières parties s'intéressent aux processus cognitifs impliqués dans la recherche d'information au sein des documents électroniques en fonction de différents facteurs, tels que l'âge des utilisateurs ou encore leur niveau d'expertise dans le maniement de l'outil et/ou dans le domaine de connaissances concerné. D'autres travaux visent à déterminer le rôle des documents électroniques, et notamment des médias utilisés, sur les situations d'apprentissage, de prise de décision, la recherche d'informations, etc.

Ces études apportent des connaissances théoriques sur le fonctionnement cognitif des utilisateurs, et ont également des retombées directement applicables pour les concepteurs de ces documents électroniques. En effet, ces travaux permettent de formuler des recommandations que les concepteurs devraient suivre pour réaliser des documents

électroniques facilement utilisables et adaptés aux capacités cognitives des utilisateurs. En plus de ces recommandations qui peuvent être proposées à l'issue d'études portant sur le fonctionnement cognitif des utilisateurs, d'autres travaux visent à mieux caractériser le fonctionnement cognitif, mais cette fois-ci, des concepteurs de documents électroniques afin d'identifier les difficultés qu'ils rencontrent au cours de leur activité de conception. Ce type d'études pourra être mis en relation avec des travaux qui visent à apporter une aide au concepteur (que celle-ci soit informatique ou pas), en situation d'évaluation de leur travail ou en situation de conception. Ces aspects sont abordés dans la troisième partie de l'ouvrage.

Lorsqu'on étudie les processus cognitifs impliqués dans le traitement d'informations électroniques, différentes méthodes sont utilisées. Le choix d'une méthode plutôt que d'une autre est déterminée par les objectifs poursuivis par le(s) chercheur(s). Les principales méthodes et techniques utilisées quand on s'intéresse aux documents électroniques sont présentées dans la quatrième et dernière partie de cet ouvrage.

II.2.2. Présentation détaillée

La *première partie* de l'ouvrage est consacrée aux recherches ayant trait *aux processus cognitifs impliqués dans l'utilisation de documents électroniques*. Cette partie se compose de trois chapitres. Le chapitre 1, co-écrit par T. Baccino et T. Colombi, présente l'avancée scientifique des travaux relatifs à la lecture des hypertextes. Ce chapitre permet d'entrer dans le vif du sujet en abordant un point central et spécifique lié aux documents électroniques, les hypertextes. La structurelle hypertextuelle (non linéaire) de ces documents engendre des difficultés de compréhension et de navigation que les auteurs exposent. Le chapitre 2, rédigé par J. Dinet et A. Tricot, aborde les modèles récents de recherche d'information au sein de documents électroniques et différents facteurs pouvant être impliqués dans cette activité. Enfin, dans le chapitre 3, J.-F. Rouet, M. Bétrancourt et E. Jamet présentent les processus de compréhension de documents électroniques, en se focalisant plus particulièrement sur le rôle des informations verbales et imagées dans la construction de la représentation mentale de l'utilisateur. Ces trois chapitres ont, entre autres, des implications en termes de recommandations à suivre par les concepteurs de documents électroniques.

La *deuxième partie* de cet ouvrage est consacrée à *l'utilisation de documents électroniques par l'enfant et l'adulte*. Cette partie est composée de quatre chapitres qui s'articulent de la façon suivante. Dans le premier chapitre (chapitre 4), C. Garitte, D. Goldsmith, N.

Gauducheau et F. Cuisinier s'intéressent aux processus cognitifs et aux facteurs impliqués dans différentes situations éducatives (résolution de problèmes, recherche d'information, etc.) médiatisées par des documents électroniques, tels que des CD-Roms. Le chapitre 5, proposé par B. de Cara, s'inscrit dans la continuité du précédent et se focalise plus précisément sur un type d'apprentissage, la lecture. B. de Cara présente un état des lieux des outils informatisés d'aide à l'apprentissage de la lecture chez l'enfant pré-lecteur et apprenti-lecteur. Après, s'être intéressé à l'utilisation de documents électroniques par des enfants, le chapitre 6, présenté par M.-L. Le Rouzo, D. Martins et M. Ihadjadene, aborde l'activité de recherche d'information par des adultes jeunes et âgés. Enfin, le dernier chapitre de cette partie (chapitre 7), rédigé par F. Ganier, constitue un état des lieux concernant l'utilisation de documents procéduraux (aides en ligne, manuels d'utilisation au format PDF, etc.). Dans ce chapitre, l'auteur présente les difficultés rencontrées par les utilisateurs de ces documents ainsi que les méthodes et stratégies d'aide à la conception qui peuvent améliorer la compréhension et l'utilisation de ces documents.

Les deux premières parties (composées au total de sept chapitres) s'intéressent à l'utilisation de documents électroniques. Or, d'autres points plus particulièrement liés à la conception de documents électroniques doivent également être considérés si l'on souhaite appréhender de façon complète les activités cognitives liées à ces documents. C'est dans cette direction que la troisième partie s'inscrit. Les cinq chapitres de *cette troisième partie* s'articulent autour de *l'activité de conception de documents électroniques et des aides à cette activité*. Le chapitre 8, rédigé par S. Caro, présente des méthodes d'aide à la conception de documents numériques respectant le fonctionnement cognitif des futurs utilisateurs. Le chapitre 9, proposé par A. Chevalier, s'intéresse aux difficultés cognitives que les concepteurs de sites Web rencontrent lorsqu'ils doivent réaliser ou évaluer des sites. Différents facteurs sont considérés, tels que l'expertise des concepteurs et les objectifs qu'ils poursuivent. Les chapitres 10 (J. Vanderdonckt) et 11 (J. Vanderdonckt et M. Ivory) exposent des outils informatiques d'aide à la conception et à l'évaluation de documents électroniques destinés aux concepteurs, en s'intéressant plus particulièrement aux concepteurs de sites Web. Enfin, Ch. Bastien et A. Tricot (chapitre 12) clôturent cette partie par la présentation de méthodes qui permettent d'évaluer la qualité ergonomique des documents électroniques.

Les trois parties de l'ouvrage que nous venons de détailler s'articulent autour des processus cognitifs impliqués dans l'utilisation et la conception de documents électroniques en présentant également des aides adaptées à ces différentes activités. Une fois ces points

développés, il nous semble pertinent et nécessaire d'éclaircir le lecteur sur un aspect central que constituent les méthodes et techniques d'études sous-jacentes aux activités cognitives liées à l'utilisation et à la conception de documents électroniques. La quatrième et dernière partie de cet ouvrage est consacrée à la présentation des principales méthodes et techniques de recueil et d'analyse des activités liées aux documents électroniques utilisées à l'heure actuelle. Le chapitre 13 (E. Jamet et C. Lemerrier) expose les méthodes off-line, en se concentrant principalement sur la présentation de questionnaires visant à évaluer les performances de mémorisation ou de charge mentale des utilisateurs de documents électroniques. Les trois derniers chapitres présentent des méthodes on-line. Plus précisément, dans le chapitre 14, M. Strahm, T. Colombi, A. Russo et T. Baccino s'intéressent à la technique d'enregistrement des mouvements oculaires appliquée à l'étude de situations d'utilisation de documents électroniques et à l'évaluation de l'utilisabilité de sites Web. Le chapitre 15 (Cl. Bastien, F. Amadiou et A. Tricot) présente l'analyse des parcours des utilisateurs au sein d'interfaces électroniques, en tenant compte des clics de souris, des pages ouvertes, des suites d'actions des utilisateurs. Le dernier chapitre (chapitre 16 proposé par A. Chevalier et J. Cegarra) présente la méthode des protocoles verbaux comme indicateurs des processus de cognitifs impliqués dans la conception et l'utilisation de documents électroniques.

Par conséquent, cet ouvrage consiste à proposer une synthèse des travaux récents réalisés sur ce thème. Des ouvrages collectifs sur le thème de l'utilisation des hypermédias et de leurs apports au niveau des apprentissages ou de la recherche d'information ont été réalisés dans le passé (cf., par exemple, Tricot & Rouet, 1998 ; Legros & Crinon, 2002). Compte tenu de la rapide évolution des technologies de l'information et de la communication (TIC) et de l'intérêt qu'elles suscitent, il est pertinent de réaliser une nouvelle synthèse présentant des recherches récentes afin d'obtenir une vue d'ensemble de l'état d'avancement des connaissances dans ce domaine.

Par ailleurs, bien que l'on trouve dans la littérature scientifique de nombreux articles s'intéressant aux documents électroniques, aussi bien sur le plan national – et plus généralement dans les pays francophones – (cf., par exemple, au sein des revues scientifiques *Le Travail Humain*, *Psychologie Française* ou encore la *Revue d'Interaction Homme-Machine*) qu'international (cf., par exemple, les revues pluridisciplinaires internationales *International Journal of Human-Computer Studies*, *Interacting with Computer* ou encore *Human-Computer Interaction*), aucun travail de synthèse visant à présenter les principaux résultats et retombées obtenus récemment n'a été proposé. L'objectif de cet ouvrage n'est pas

d'exposer l'ensemble des travaux sur ce thème (un ouvrage ne serait pas suffisant), mais de proposer des textes qui s'articulent autour des trois axes suivants : les processus cognitifs impliqués dans l'utilisation et la conception de documents électroniques, les différents types d'aide qui peuvent être proposés, ainsi que les méthodes et techniques de recueil et d'analyses de ces processus cognitifs.

Cet ouvrage collectif présente donc un intérêt particulier, en ce sens qu'il recueille à la fois des contributions scientifiques sur l'utilisation des documents électroniques mais également sur la conception de ces documents (processus cognitifs impliqués dans la conception et aides aux concepteurs). En effet, c'est en mieux connaissant les processus cognitifs et les difficultés que rencontrent les utilisateurs, mais également les concepteurs de ces documents, que nous pourrions agir au niveau de la qualité ergonomique des documents électroniques diffusés. Outre cet intérêt quant à l'utilisation et à la conception de documents électroniques, cet ouvrage expose également les principales méthodes d'étude et de recueil des données relatives à l'utilisation et à la conception de ces documents.

Par conséquent, l'objectif de cet ouvrage est de parvenir à proposer une synthèse des travaux sur les trois aspects énoncés plus haut, et ainsi donner aux chercheurs s'intéressant à ce domaine une première vue d'ensemble de l'avancée des connaissances. C'est grâce à ce type d'entreprise que les travaux de certains chercheurs peuvent être utiles aux autres et réciproquement.

II.3. Public de l'ouvrage

La psychologie cognitive et ergonomique présente un intérêt qui va bien au-delà de la psychologie, puisqu'elle traite des questions liées au développement de connaissances, aux méthodes d'aide à l'acquisition de connaissances, etc. Par conséquent, la psychologie cognitive et ergonomique intéresse les psychologues du travail, les psychologues de la cognition, les informaticiens (qui peuvent être les concepteurs de ces systèmes hypermédias), mais aussi les chefs de projets.

Les documents électroniques présentent également un intérêt au niveau des enseignements dispensés tout au long de différents cursus universitaires (psychologie, sciences et techniques de l'information et de la communication, marketing, informatique, etc.), et plus particulièrement dans différents Masters professionnels.

Certains Masters professionnels ont intégré cette thématique à la formation proposée aux étudiants, c'est le cas de Masters d'ergonomie cognitive, de Masters de psychologie du travail et ergonomie, de Masters de psychologie cognitive. D'autres Masters ont été créés spécifiquement pour répondre aux besoins industriels liés aux TIC ; ces Masters proposent pour la plupart des enseignements pluridisciplinaires où la psychologie cognitive et ergonomique tient un rôle important. Cet ouvrage de synthèse pourra alors servir de support de cours, ou au moins être un premier support, dans ces nombreux cursus.

En plus de ces Masters professionnels liés aux TIC, de plus en plus de thèse de Doctorat portent sur des thèmes proches de ceux recensés dans cet ouvrage et cela aussi bien dans le champ de la psychologie, que dans celui de l'ergonomie, des sciences de l'information et de la communication, etc. Aussi, cet ouvrage pourra-t-il constituer un support pour les étudiants inscrivant leurs recherches sur ces thèmes.

Outre cet intérêt pédagogique, cet ouvrage sera également utile aux différents corps de métiers impliqués dans la conception d'outils hypermédias : concepteurs de sites Web, infographistes, concepteurs de cédéroms pédagogiques, de bases de données, etc.. Ces derniers, non-spécialistes de la psychologie cognitive et ergonomique, pourront trouver dans cet ouvrage d'importantes bases de connaissances relatives à l'utilisation et à la conception des documents électroniques.

III. SOMMAIRE DES CHAPITRES

INTRODUCTION par Aline Chevalier & André Tricot (8 pp.)

PARTIE 1 : PROCESSUS COGNITIFS IMPLIQUÉS DANS LE TRAITEMENT DES DOCUMENTS ÉLECTRONIQUES (60 pp.)

CH. 1 : LA LECTURE DES HYPERTEXTES par Thierry Baccino & Teresa Colombi (20 pp.)

CH. 2 : LA RECHERCHE D'INFORMATION DANS LES DOCUMENTS ÉLECTRONIQUES par Jérôme Dinet & André Tricot (20 pp.)

CH. 3 : LA COMPRÉHENSION DES DOCUMENTS COMPLEXES par Jean-François Rouet, Mireille Bétrancourt & Eric Jamet (20 pp.)

PARTIE 2 : UTILISATION DE DOCUMENTS ÉLECTRONIQUES CHEZ L'ENFANT ET L'ADULTE (72 pp.)

CH. 4 : UTILISATION D'HYPERMÉDIA ET RECHERCHE D'INFORMATIONS CHEZ LES ENFANTS par Catherine Garitte, Dana Goldsmith, Nadia Gauducheau & Frédérique Cuisinier (18 pp.)

CH. 5 : UTILISATION D'AIDES À L'APPRENTISSAGE DE LA LECTURE CHEZ L'ENFANT par Bruno de Cara (18 pp.)

CH. 6 : RECHERCHE D'INFORMATIONS SUR LE WEB CHEZ DES ADULTES D'ÂGES DIFFÉRENTS par Marie-Louise Le Rouzo, Daniel Martins & Majid Ihadjadene (18 pp.)

CH. 7 : L'UTILISATION DES AIDES EN LIGNE ET AUTRES DOCUMENTS PROCÉDURAUX par Franck Ganier (18 pp.)

PARTIE 3 : CONCEPTION ET AIDES À LA CONCEPTION DES DOCUMENTS ÉLECTRONIQUES (90 pp.)

CH. 8 : CONCEPTION : "MACRO" STRUCTURER LE PRODUIT par Stéphane Caro (18 pp.)

CH. 9 : LA CONCEPTION DE SITES WEB : QUELLES DIFFICULTÉS ? par Aline Chevalier (18 pp.)

CH. 10 : LES SYSTÈMES D'AIDE À LA CONCEPTION par Jean Vanderdonckt (18 pp.)

CH.11 : LES SYSTÈMES D'AIDE À L'ÉVALUATION par Jean Vanderdonckt & Melody Ivory (18 pp.)

CH. 12 : L'ÉVALUATION ERGONOMIQUE DES DOCUMENTS ÉLECTRONIQUES par Christian Bastien & André Tricot (18 pp.)

PARTIE 4 : MÉTHODES ET TECHNIQUES DE RECUEIL ET D'ANALYSE (48 pp.)

CH. 13 : LES MÉTHODES OFF-LINE par Eric Jamet et Céline Lemercier (12 pp.)

CH. 14 : LES MÉTHODES ON-LINE 1. MOUVEMENTS OCULAIRES par Maeva Strahm, Teresa Colombi, Aurore Russo & Thierry Baccino (12 pp.)

CH.15 : LES MÉTHODES ON-LINE 2. ANALYSE DES PARCOURS par Claude Bastien, Franck Amadiou & André Tricot (12 pp.)

CH. 16 : LES MÉTHODES ON-LINE 3. LES VERBALISATIONS par Aline Chevalier & Julien Cegarra (12 pp.)

IV. PLANS DÉTAILLÉS DES CHAPITRES

IV.1. PARTIE 1 : PROCESSUS COGNITIFS IMPLIQUÉS DANS LE TRAITEMENT DES DOCUMENTS ÉLECTRONIQUES

CH. 1 : LA LECTURE DES HYPERTEXTES par Thierry Baccino & Teresa Colombi

1. Les objectifs des hypertextes

1.1. Les hypertextes et la recherche d'information

1.2. Les hypertextes et l'apprentissage

1.3. Les hypertextes et la lecture

2. Un modèle de compréhension pour les hypertextes: C/I.

2.1. Construire différents niveaux de représentation

2.2. Élaborer la cohérence des énoncés

2.3. La compréhension contrainte par la mémoire

3. La compréhension des hypertextes

3.1. Point de vue du lecteur et choix de la structure textuelle.

3.2. Désorientation cognitive :

due à une surcharge cognitive

due à un manque de familiarité avec le contenu traité ou avec son organisation

due à un manque d'expérience dans la navigation

3.3. Processus d'intégration et surcharge mnésique.

4. Les stratégies de recherche d'information

4.1. Stratégie d'exploration

4.2. Stratégie de navigation

5. Les aides à la navigation

6. Les hypertextes sur des Interfaces réduites

CH. 2 : RECHERCHE D'INFORMATION DANS LES DOCUMENTS ÉLECTRONIQUES par Jérôme Dinet & André Tricot

1. Introduction

2. Des modèles comportementaux généralistes aux modèles des processus cognitifs

2.1. Les modèles généralistes

Marchionini (1995)

Khulthau (1987, 1988)

2.2. Les modèles descriptifs et prédictifs issus de la psychologie cognitive

Le modèle E-S-T de Rouet et Tricot (1995)

Le modèle LICAI de Kitajima et Polson (1995, 1997)

Le Landscape Model (van den Broek, 1998)

3. Les facteurs impliqués et les contraintes

3.1. Les particularités de la recherche d'informations dans les environnements électroniques

3.2. Les facteurs et contraintes liées à la recherche d'informations

Les différences inter-individuelles

Le rôle des capacités attentionnelles et motivationnelles

Le rôle du niveau en lecture - compréhension

Le rôle des capacités métacognitives

Le rôle de l'expertise référentielle et de l'expertise procédurale

Les différences intra-individuelles

Le rôle des contraintes et des consignes

Les facteurs matériels et ergonomiques

4. Conclusion

CH. 3 : LA COMPRÉHENSION DES DOCUMENTS COMPLEXES par Jean-François Rouet, Mireille Bétrancourt et Eric Jamet

1. Modèles actuels de la compréhension

1.1. Les cycles de traitements en mémoire de travail

1.2. Les niveaux de représentations dans l'activité de compréhension

1.3. Le raisonnement inférentiel

- 1.4. Les processus de régulation métacognitifs

- 2. La compréhension des documents multimédias
 - 2.1. Des théories inspirées du double codage...
 - Paivio
 - Mayer
 - 2.2.A celles inspirés des modèles mentaux
 - Schnotz
 - Narayanan et Hégarty

- 3. Compréhension des documents complexes
 - 3.1. Un modèle cognitif de la recherche d'information
 - 3.2. Les connaissances métatextuelles
 - 3.3. Les représentations multidocumentaires

- 4. Facteurs individuels
 - 4.1. Effet des connaissances préalables
 - 4.2. Effet des styles cognitifs

- 5. Implications sur la conception des documents électroniques
 - 5.1. Effet de la mise en forme du texte
 - 5.2. Les outils méta-textuels
 - 5.3. L'intégration multimédia

IV.2. PARTIE 2 : UTILISATION DE DOCUMENTS ÉLECTRONIQUES, CHEZ L'ENFANT ET L'ADULTE

CH. 4 : UTILISATION D'HYPERMÉDIA ET RECHERCHE D'INFORMATIONS CHEZ LES ENFANTS par Catherine Garitte, Dana Goldsmith, Nadia Gauducheau & Frédérique Cuisinier

1. Conception théorique de l'acquisition des connaissances par l'enfant

Il s'agira ici de rappeler quelques éléments théoriques relatifs au développement de l'enfant et au rôle que joue l'adulte dans ce développement. Nous nous appuierons essentiellement sur la théorie de Vygotski, des travaux de Bruner et des différents chercheurs s'inspirant de ce courant théorique et des travaux sur l'interaction de tutelle

2. Les difficultés de l'enfant face à la tâche demandée

Nous recenserons les problèmes qui se posent à l'enfant face à l'ordinateur, des plus élémentaires (lecture d'un écran, perception, motricité, *etc.*) au plus complexes (recherche de l'information, compréhension du langage écrit du document, sélectionner les informations pertinentes, organisation de la connaissance obtenue, *etc.*), en relation avec son développement cognitif

3. L'analyse de la tâche

Pour comprendre ces difficultés, il est nécessaire de comprendre les présupposés de la tâche et ce qu'elle requiert comme buts et sous-buts pour proposer un modèle cognitif des décisions que l'enfant doit prendre et du moment où il doit les prendre.

4. Conception d'une machine-tutelle

A partir des difficultés rencontrées et des exigences de la tâches (§ 2 et 3), il s'agira de concevoir une "machine idéale" qui permettrait d'aider efficacement l'enfant dans sa démarche de recherche d'information, c'est-à-dire qui serait suffisamment "tutélaire" pour permettre à l'enfant d'aller au bout de sa démarche.

5. Et pour le plaisir...

Il s'agira de terminer en prenant en compte les aspects conatifs, hédoniques, liés au plaisir, motivationnel, *etc.* sans lesquels aucun apprentissage ne peut être efficace mais qui, sous certaines condition, peuvent affecter la réussite.

CH. 5 : UTILISATION D'AIDES À L'APPRENTISSAGE DE LA LECTURE CHEZ L'ENFANT par Bruno de Cara

1. Apprentissage de la lecture et processus cognitifs

- 1.1. Modèles développementaux de la lecture
- 1.2. Spécificité ou interdépendance des processus
- 1.3. Quels processus entraîner ?
- 1.4. Prévention, soutien ou remédiation

2. Spécificité d'une aide informatisée

- 2.1. Déclaration et standardisation des procédures

- 2.2. Paramétrage temporel
 - 2.3. Feed-back correctif
 - 2.4. Intermodalité (texte, image et son)
 - 2.5. Neutralisation du facteur "expérimentateur"
3. Principales aides informatisées pour apprendre à lire
- 3.1. Liens entre perception auditive et phonologie
 - 3.2. Entraînements de la conscience phonologique et de la conscience articulatoire
 - 3.3. Correspondances lettres/sons, segmentation visuelle du mot, assemblage
 - 3.4. Automaticité (vitesse de dénomination, empan visuel, accès au lexique)
4. Validation d'une aide informatisée
- 4.1. Principaux biais méthodologiques observés
 - 4.2. Choix d'un groupe ou d'une condition contrôle
 - 4.3. Évaluation de l'efficacité d'un paradigme
 - 4.4. Usage et utilisabilité
 - 4.5. Transfert des connaissances
 - 4.6. Devenir des bénéficiaires

**CH. 6 : RECHERCHE D'INFORMATIONS SUR LE WEB CHEZ DES ADULTES D'ÂGES DIFFÉRENTS
par Marie-Louise Le Rouzo, Daniel Martins & Majid Ihadjadene**

1. Méthodes d'étude de l'activité de recherche d'informations
- 1.1. Observation "écologique" d'utilisateurs dans des situations naturelles de recherche de documents.
 - 1.2. Encadrement expérimental des situations de recherche dans lesquelles sont définis par avance le(s) groupe(s) de sujets, le(s) moteurs(s) de recherche à utiliser, le(s) type(s) d'informations à chercher.
 - 1.3. Étude des activités de recherche et de navigation au sein d'hypertextes parfaitement définis à l'avance.
2. Analyse cognitive de l'activité de recherche comme tâche de résolution de problèmes
- 2.1. Caractère composite de l'activité faisant intervenir :
 - des processus de compréhension, de la question et de l'objectif de recherche ;

- des processus d'accès à des connaissances déclaratives (dans le domaine de la question de recherche) et à des connaissances procédurales (dans la maîtrise du système de navigation) ;
- des processus d'évaluation de la pertinence des informations trouvées par rapport à l'objectif de recherche.

2.2. Caractère dynamique de l'activité

- Intervention d'étapes de traitement dans la réalisation de la tâche ; leur nombre varie selon le type de recherche.
- Modification des interprétations en cours de réalisation de la tâche.
- Intervention de processus stratégiques de planification et de contrôle de la succession des opérations à exécuter, dont la "charge mentale" ou le "coût cognitif" est fonction du nombre d'étapes nécessaires pour atteindre l'objectif ou s'en rapprocher progressivement (Chandler & Sweller, 1996 ; Sweller, 1988, 1999).

3. Les effets du vieillissement cognitif sur l'activité de recherche d'informations

3.1. Hypothèses sur les processus cognitifs déclinant avec l'âge

- Difficulté de maintien et de traitement simultané d'un grand nombre d'informations, entraînant une difficulté à contrôler la succession des opérations à exécuter.
- Difficulté d'inhibition des informations non pertinentes, entraînant une surcharge en mémoire de travail.
- Difficulté d'accès aux connaissances en raison de leur densité.

3.2. Les populations étudiées

- Des adultes "âgés", Seniors ou 3^{ème} âge (55-75 ans).
- Pratiquant la recherche d'information, avec plus ou moins d'expertise, mais jamais complètement novices (Lazonder, Biemans & Wopereis, 2000).
- Ajustement des adultes plus jeunes sur les deux groupes d'adultes plus âgés. Du fait de la différence de générations, il est difficile d'apparier l'expertise.

3.3. Influence de la configuration physique du réseau proposé

- Organisation hiérarchique ou référentielle des liens (Lin, 2003).

- Variation de la largeur et de la profondeur de menus hiérarchiques (Rouet, Ros, Jegou & Metta, 2003).

3.4. Influence de la question et de la tâche de recherche

- Complexité de la question de recherche (ex. littérale ou implicite).
- Intérêt pour la question de recherche.
- Recherche d'information dans un domaine de connaissance ou d'information de vie quotidienne (un job pour l'été, une villa à louer, etc.).
- Spécificité (l'information se trouve sur une seule page) ou non-spécificité (plusieurs pages contiennent une information susceptible d'être pertinente, ce qui implique une comparaison) de la tâche de recherche (Lergier & Resnick, 2001).

3.5. Les mesures

- Temps de réponse.
- Nombre de liens explorés.
- Rentrée des mots-clés.

CH. 7 : L'UTILISATION DES AIDES EN LIGNE ET AUTRES DOCUMENTS PROCÉDURAUX par Franck Ganier (20 pp.)

1. Les problèmes posés par l'utilisation des documents procéduraux électroniques

1.1. La diversité des documents procéduraux électroniques

1.2. L'objectif de l'utilisateur : apprentissage ou résolution de problème ?

1.3. Les difficultés rencontrées par les utilisateurs (Comment les utilisateurs interagissent avec la documentation)

1.3.1. Trouver l'information

1.3.2. La comprendre

1.3.3. L'appliquer

1.2. Les conséquences d'une mauvaise documentation

1.4.1. Conséquences pour l'utilisateur.

1.4.2. Conséquences pour les fabricants.

2. Les facteurs pouvant affecter l'utilisation et la compréhension

2.2. Les facteurs liés aux caractéristiques de l'utilisateur

- 2.2.1. Les connaissances préalables
 - 2.2.2. L'âge
 - 2.3. Les facteurs liés à la présentation de l'information dans les documents
 - 2.3.1. Le texte et l'image
 - 2.3.2. Le multimédia (vidéo, son, animation)
 - 2.4. Les facteurs liés à l'ergonomie de l'interface
 - 2.5. Un phénomène spécifique à l'usage des documents procéduraux : l'atomisation de l'action
3. L'aide à la conception de documents procéduraux électroniques
- 3.2. Le choix du contenu
 - 3.2.1. Manuel minimal vs manuel détaillé
 - 3.2.2. Stratégie de conception basée sur une méthode analytique : Le modèle GOMS
 - 3.2.3. Stratégie de conception basée sur une méthode d'observation du cours d'action
 - 3.3. Le format de présentation
 - 3.3.1. Image statique vs animée
 - 3.3.2. Le son
 - 3.4. Évaluer l'utilisabilité de documents procéduraux électroniques
4. Conclusion : Perspectives de recherche

IV.3. PARTIE 3 : CONCEPTION ET AIDES À LA CONCEPTION DES DOCUMENTS ÉLECTRONIQUES

CH. 8 : CONCEPTION : "MACRO" STRUCTURER LE PRODUIT par Stéphane Caro (20 pp.)

1 Définir la structure : quelques outils

- 1.1. Méthodes d'analyse du travail pour "connaître"
 - 1.1.1. La technique d'élicitation associative
 - 1.1.2. La technique de tri de cartes
- 1.2. Méthodes pour "agir"
 - 1.2.1. Méthodes d'interview
 - 1.2.2. Observation située

2 Indiquer la structure : les organisateurs anti-entropiques

2.1. Définition

2.2. Organismes d'aide à la construction d'un modèle mental de la structure du document

2.2.1. Plans

2.2.2. Indicateurs de positionnement

2.2.3. Indicateurs de volume

2.2.4. Indicateurs de contexte

2.3. Organismes d'aide à la navigation

2.3.1. Historiques

2.3.2. Points de repère

2.3.3. Dispositifs de progression séquentielle

2.3.4. Dispositifs de retour en arrière

2.3.5. Annonces de destination

2.3.6. Dispositifs d'information locale

2.3.7. Dispositifs destinés à éviter les digressions

2.3.8. Dispositifs de recherche

CH. 9 : LA CONCEPTION DE SITES WEB : QUELLES DIFFICULTÉS ? par Aline Chevalier (20 pp.)

1. Introduction

2. La conception de sites Web

2.1. Définition et spécificités

2.2. Rôle des contraintes

2.3. Rôle de l'expertise

3. Effet des situations de conception

3.1. Rôle du cahier des charges

3.2. Effet de l'interlocuteur

4. Les concepteurs en situation d'évaluation de sites Web

5. Conclusion et perspectives

- 5.1. Apports sur le fonctionnement cognitifs des concepteurs
- 5.2. Implications en termes d'aides à apporter aux concepteurs
- 5.3. Perspectives de recherche

CH. 10 : LES SYSTÈMES D'AIDE À LA CONCEPTION par Jean Vanderdonckt (20 pp.)

- 1. Introduction

- 2. Les activités de conception d'un site Web
 - 2.1 Le cycle de vie de développement en O d'un site Web
 - 2.2 Les représentations interne, externe et conceptuelle d'un site Web
 - 2.3 Le cadre de référence Caméléon pour des interfaces homme-machine multi-cibles

- 3. Les outils de support aux activités de conception d'un site Web

- 4. Nature des connaissances ergonomiques mises en jeu

- 5. Conclusion

CH.11 : LES SYSTÈMES D'AIDE À L'ÉVALUATION par Jean Vanderdonckt & Melody Ivory (20 pp.)

- 1. Introduction

- 2. Classification des méthodes adaptée de la classification de Senach

- 3. Classification MetroWeb
 - 3.1. Méthodologie de travail
 - 3.2. État de l'art des classifications existantes
 - 3.2.1. Whitefield, Wilson et Dowell
 - 3.2.2. Ivory
 - L'évaluation en tant que processus
 - Les efforts à consentir lors de l'évaluation
 - 3.2.3. Calvary et Coutaz
 - Caractère sommatif-formatif
 - Support informatique

Propriétés vérifiées

Résultats de l'évaluation

4. Conclusion

CH. 12 : L'ÉVALUATION ERGONOMIQUE DES DOCUMENTS ÉLECTRONIQUES par Christian Bastien & André Tricot (20 pp.)

1. Introduction

2. Qu'est-ce que la qualité ergonomique des documents électroniques ?

Utilisabilité et utilité

3. Les méthodes requérant la participation directe des utilisateurs

3.1 Les tests utilisateurs

3.1.1 Combien de personnes tester ?

3.1.2 Quelles procédures mettre en œuvre ?

3.1.3 Où tester les documents ?

3.1.4 Quels matériels utiliser ?

3.1.5 Comment présenter les résultats des tests ?

4. Les méthodes s'appliquant aux caractéristiques des logiciels

4.1. Les méthodes d'inspection : avantages et limites

4.2. Quelles normes ou recommandations pour l'évaluation ?

5. L'accessibilité des documents électroniques

6. Conclusion

IV.4. PARTIE 4 : MÉTHODES ET TECHNIQUES DE RECUEIL ET D'ANALYSE

CH. 13 : LES MÉTHODES OFF-LINE par Eric Jamet et Céline Lemercier (12 pp.)

1. Introduction : Quelques caractéristiques des méthodes off-line

2. Épreuves de mémorisation

2.1. Reconnaissance

2.2. Rappel

2.3. Production de résumé

2.4. Rappel de la structure

3. Problèmes de transfert

3.1. Inférences et compréhension

3.2. Transfert des connaissances

4. Tâches de productions

5. Évaluation de la charge mentale

6. Évaluation de la satisfaction

7. Conclusion : Avantages et inconvénients de méthodes off-line

CH. 14 : LES MÉTHODES ON-LINE 1. MOUVEMENTS OCULAIRES par Maeva Strahm, Teresa Colombi, Aurore Russo & Thierry Baccino (12 pp.)

1. Introduction

2. Fondement théorique de la méthode oculométrique

L'histoire de la discipline, la nature des mouvements oculaires et les processus cognitifs sous-jacents.

3. Apport de l'analyse des mouvements des yeux dans la recherche et dans l'ergonomie

La recherche appliquée aux interfaces Homme-Machine. Comment améliorer l'ergonomie grâce à la prise en compte des mouvements oculaires. Le cas des sites Internet. Le cas du E-learning.

4. Description de la technique oculométrique

Les différents appareillages pour l'enregistrement et leur fonctionnement.

5. Principaux observables

5.1. Variables dépendantes temporelles

L'analyse des fixations (leur nombre et leur durée).

5.2. Variables dépendantes spatiales

L'analyse du parcours oculaire (*scanpath*) : longueur, dispersion, transitions, stratégies de recherche visuelle.

6. Méthodologie

Le montage d'une expérience d'enregistrement des mouvements oculaires.

7. Applications

7.1. Approche expérimentale

Le montage d'expériences bâties sur la base d'hypothèses de recherche. Types de matériel et d'analyses des données.

7.2. Approche observationnelle

Le montage d'expériences bâties sur l'observation d'une interface existante. Types de matériel et d'analyses des données.

8. Conclusion

Résumé des points principaux et axes de recherche futurs.

CH.15 : LES MÉTHODES ON-LINE 2. ANALYSE DES PARCOURS par Claude Bastien, Franck Amadiou & André Tricot (12 pp.)

1. Introduction

2. Les mesures d'efficacité du parcours

2.1. Les taux de rappel et de précision

2.2. Les autres mesures d'efficacité

2.3. Les mesures d'efficacité pondérée ou efficience

3. Les descriptions de parcours comme suite ordonnée d'actions

3.1. Les grammaires de parcours

3.2. Les descriptions des étapes de réalisation de la tâche

3.3. Les descriptions de l'appropriation des fonctionnalités

3.4. Le formalisme McEneaney (2001)

4. Discussion générale : l'interprétation conjointe des mesures *on-line* et *off-line*

CH. 16 : LES MÉTHODES ON-LINE 3. LES VERBALISATIONS par Aline Chevalier & Julien Cegarra (12 pp.)

1. Introduction : intérêt des verbalisations
2. Différents types de verbalisations
3. Méthodes d'analyses de protocoles verbaux
4. Apports : résultats obtenus avec les verbalisations
5. Conclusion : association des verbalisations avec d'autres méthodes

CONCLUSION par A. Tricot & A. Chevalier (10 pp.)

V. RÉSUMÉS DES CHAPITRES

V.1. PARTIE 1 : PROCESSUS COGNITIFS IMPLIQUÉS DANS LE TRAITEMENT DES DOCUMENTS ÉLECTRONIQUES

CH. 1 : LA LECTURE DES HYPERTEXTES par Thierry Baccino & Teresa Colombi

La plupart des documents existant sur les réseaux électroniques sont sous la forme d'hypertextes et ceux-ci changent fondamentalement la façon d'élaborer une représentation du contenu des documents. Les hypertextes ouvrent des questions liées à la navigation et à l'exploration du contenu, qui est étalé sur plusieurs pages connectées par des liens dynamiques. Bien que les pères de l'organisation hypertextuelle des documents électroniques défendaient l'idée que cette façon de structurer les informations correspondait parfaitement au fonctionnement cognitif humain, l'échec des utilisateurs et les études menées ces vingt dernières années ont mis en exergue d'importantes difficultés. D'abord, la perte d'orientation dans un hypertexte est un phénomène que de nombreuses personnes ont expérimenté. Cette désorientation cognitive provient de la sensation pour le lecteur d'être perdu dans le document et ne plus savoir retrouver le fil du récit. Notamment, la sélection des liens pertinents devient problématique. Ensuite, le choix donné au lecteur de sélectionner lui-même la manière de naviguer dans le document nécessite souvent une connaissance préalable du contenu. Sinon,

ce choix peut devenir problématique car le lecteur éprouve des difficultés pour construire sa propre représentation du contenu, celle-ci étant laissée dans les textes linéaires à l'appréciation de l'auteur. Enfin, l'exploration successive de pages différentes à des niveaux de détail variables surcharge les capacités de mémorisation du contenu.

La plupart des difficultés repérées sur les hypertextes proviennent de contraintes qui affectent les processus de compréhension.

- La première contrainte porte sur la capacité à construire plusieurs niveaux de représentation textuelle. Il est connu que comprendre nécessite au moins niveaux de représentation textuelle : la forme de surface, le contenu sémantique et l'activation en mémoire d'un modèle mental de la situation décrite par le texte. Ces trois niveaux interagissent dans le sens où il ne peut y avoir de représentation du contenu fiable sans une forme de surface qui présente clairement les informations. De même, il ne peut y avoir de contenu sémantique complet et facile à apprendre sans le recours à un modèle mental qui mobilise des informations extralinguistiques nécessaires pour maintenir la cohérence de l'ensemble.
- La seconde contrainte porte sur la liaison élaborée entre ces différents niveaux de représentation et celle-ci concerne les capacités avec laquelle le lecteur établit la cohérence entre eux. Rendre cohérent un texte est la propriété essentielle de l'activité de compréhension et c'est cette propriété qui permettra l'intégration finale.
- Enfin, la troisième contrainte porte sur les capacités mnésiques du lecteur. La lecture nécessite de maintenir active une certaine quantité d'information au fur et à mesure de la progression dans le récit (ou l'exposé). Cette information est gérée en mémoire de travail et celle-ci est très limitée chez le lecteur normal. Cette contrainte sur la mémoire de travail peut expliquer sur les hypertextes, la perte du but de lecture qui est maintenu actif dans ce registre mnésique.

Outre ces aspects fondamentaux, les hypertextes posent d'autres difficultés liées à leur mode de présentation (scrolling, interfaces réduites de type PDA..) et aux stratégies nécessaires pour rechercher une information.

L'objectif du chapitre est de présenter une synthèse des connaissances psychologiques, théoriques et empiriques sur la lecture des hypertextes. Le chapitre fera notamment le point sur les mécanismes engagés dans la lecture hypertextuelle, les détériorations du codage spatial des informations par les multiples affichages dynamiques et les différents types de stratégies

d'exploration et de navigation dans les hypertextes. Les problématiques liées à la désorientation cognitive et à la surcharge mnésique ainsi que celles liées aux processus d'intégration des contenus hypertextuels dans un ensemble cohérent seront discutées, notamment à la lumière du modèle de Construction/Intégration (Kintsch, 1988). Les caractéristiques spécifiques des documents hypertextuels ainsi que des considérations sur la nature particulière des liens hypertextuels seront exposées dans les pages suivantes. Une attention particulière sera portée aux récents travaux concernant l'ergonomie des hypertextes, en faisant référence notamment aux travaux se fondant sur le pistage des mouvements oculaires en tant qu'indicateur temps réel des processus de recherche d'information et de compréhension du contenu. Grâce aux indicateurs oculaires, en effet, les différentes stratégies d'exploration visuelle des pages hypertextuelles peuvent être mises à jour, permettant ainsi d'optimiser les interfaces par rapport au comportement du lecteur. Plusieurs mesures du comportement de navigation parmi les différentes pages hypertextuelles sont également décrites (mesures permettant d'isoler les problèmes de perte d'orientation) ainsi que les variables dépendantes permettant d'étudier les différentes stratégies de navigation (par exemple le calcul de la distance de Levensthein).

CH. 2 : RECHERCHE D'INFORMATION DANS LES DOCUMENTS ÉLECTRONIQUES par Jérôme Dinet & André Tricot

Les êtres humains sont souvent dans des situations où ils manquent de connaissances pour comprendre et/ou pour agir. Une des solutions pour eux est de rechercher de l'information dans des documents, afin que l'information trouvée leur permette de mieux comprendre la situation et d'agir efficacement (Pirolli & Card, 1999). De plus en plus, ces documents sont électroniques. Ils permettent d'accéder à une quantité beaucoup plus grande d'informations, beaucoup plus rapidement, que les documents papiers. Mais ils impliquent aussi beaucoup plus de difficultés, par la quantité d'information et de fonctionnalités qu'ils présentent. Ces difficultés sont diverses : ne pas trouver l'information que l'on cherche ; trouver une information que l'on ne cherche pas ; ne pas comprendre l'information trouvée ; ne pas reconnaître l'information recherchée quand on l'a trouvée ; ne pas savoir utiliser les fonctionnalités proposées ; se "perdre" dans le document ; oublier son but ; etc.

L'objectif de ce chapitre est principalement de faire le point sur les recherches conduites en psychologie cognitive qui contribuent à mieux faire connaître cette activité humaine qu'est la recherche d'informations dans les environnements numériques.

Dans une première partie, sont présentés les modèles les plus récents et/ou les plus utilisés pour rendre compte des comportements et processus mentaux impliqués dans les tâches de recherche d'informations dans les environnements électroniques.

Historiquement, les sciences de l'information et de la communication ont été les premières à élaborer des modèles censés rendre compte des comportements des individus effectuant des recherches d'information dans des environnements numériques. L'objectif principal de ces modèles est de lister l'ensemble des paramètres pouvant expliquer les performances des utilisateurs recherchant des informations dans les vastes corpus informationnels électroniques. Les deux modèles de ce type les plus utilisés seront présentés : Marchionini (1995) et Khulthau (1987, 1988). Mais, les modèles issus des sciences de l'information et de la communication présentent plusieurs limites : ils ne rendent souvent compte que des comportements d'individus adultes bons lecteurs ne présentant pas de réelles difficultés ; ils reposent généralement sur des comparaisons de comportements "novices / experts" qui ne renseignent pas sur les mécanismes mentaux sous-jacents ; les données comportementales recueillies sont généralement *off-line* (par exemple, nombre d'informations trouvées, temps total pour réaliser la tâche, "impression" et opinion des individus a posteriori) et ne rendent pas compte des processus mentaux en temps réel ; ils correspondent plus à des modèles prescriptifs qu'à des modèles descriptifs.

Aussi, certains auteurs conçoivent-ils depuis peu des modèles basés théoriquement sur des travaux issus de psychologie cognitive. Proposant un modèle cyclique basé sur trois processus cognitifs (évaluation, sélection, et traitement), le modèle E-S-T de Rouet et Tricot (1995) suppose également l'existence de processus métacognitifs nécessaires à la conduite de l'activité de recherche d'informations dans des corpus informationnels relativement importants.

Basé sur le modèle "construction – intégration" élaboré par Kinstch (1988), le modèle LICAI (pour *Linked model of Comprehension-based Action planning and Instruction*, de Kitajima & Polson 1995, 1997) insiste sur l'importance des processus de compréhension des consignes en vue de produire des séquences d'actions adaptées dans des activités d'exploration et/ou de navigation dans des environnements numériques. L'un des points forts de ce modèle est de montrer que la performance dans une tâche de recherche d'information – navigation est très

étroitement liée à l'adéquation entre la représentation du but construite par l'utilisateur et la représentation des informations présentes dans l'environnement. En d'autres termes, ce modèle insiste sur l'importance de l'interaction entre processus "top-down" et "bottom-up".

Le *Landscape Model* (van den Broek, 1998), initialement élaboré pour rendre compte des processus de compréhension – mémorisation de textes narratifs, de récentes études publiées tendent à montrer que le *Landscape Model* est un outil permettant de prédire les performances en recherche d'informations de jeunes lecteurs. Or, appliqué à une population d'adultes et/ou de bons lecteurs, ce modèle ne prédit que très partiellement les performances des individus. En d'autres termes, pour de jeunes lecteurs, la recherche d'informations semble être une activité proche d'une "simple" situation de compréhension – mémorisation. Cette partie présente les résultats des études les plus récentes en la matière.

Dans une seconde partie, sur la base de travaux récents, sont présentés les facteurs impliqués dans cette activité ainsi que les diverses contraintes qui peuvent expliquer les différences comportementales. En quoi la recherche d'informations dans des corpus "papier" diffère-t-elle de la recherche d'informations pratiquée dans des environnements numériques ? Cette partie présente les différences (physiques, spatiales et temporelles) qui expliquent en partie les différences comportementales, avant d'aborder les facteurs et contraintes spécifiques. Puis, les principales contraintes s'exerçant sur la recherche d'informations sont présentées en distinguant celles expliquant les différences inter-individuelles (le rôle des capacités attentionnelles et motivationnelles, le rôle du niveau en lecture – compréhension, le rôle des capacités métacognitives, le rôle de l'expertise référentielle et de l'expertise procédurale) et celles expliquant les différences intra-individuelles (le rôle des contraintes et des consignes ; les facteurs matériels et ergonomiques).

Enfin, la conclusion discute des implications ergonomiques des travaux de ce domaine.

CH. 3 : LA COMPRÉHENSION DES DOCUMENTS COMPLEXES par Jean-François Rouet, Mireille Bétrancourt et Eric Jamet

Ce chapitre traite de la compréhension des documents complexes, c'est-à-dire des documents pouvant comporter plusieurs sources distinctes d'informations (textes et ou images), présentés et interconnectés de différentes manières. Il comporte quatre parties.

Dans la première partie nous présentons les conceptions actuelles de la compréhension. La compréhension est l'ensemble des activités qui permettent aux individus de construire des représentations mentales de leur environnement. Dans ce chapitre, nous nous limitons à la compréhension de documents, c'est à dire de la construction de ces représentations à partir d'informations verbales et/ou imagées. Les informations verbales et imagées possèdent chacune des propriétés sémiotiques spécifiques qui expliquent qu'elles puissent être employées pour communiquer différents types de concepts, d'événements ou de situations. Dans la compréhension de textes, l'individu met en oeuvre différents types de processus langagiers et cognitifs : reconnaissance lexicale, analyse syntaxique, construction de micro- et macrostructures sémantiques. Ces dernières résultent de l'intégration des informations explicites du texte et des connaissances antérieures activées en mémoire à long terme au moyen de différents mécanismes associatifs (inférences), sous le contrôle de processus de régulation métacognitive plus ou moins explicites.

Dans la deuxième partie, nous traitons de la compréhension des documents multimédias. Par définition, les documents multimédias comportent des informations verbales et imagées. Comprendre un document multimédia implique l'intégration de ces informations au sein d'un modèle mental unique. Cette intégration peut être facilitée ou inhibée selon les conditions de présentation et de référencement mutuelle des informations verbales et imagées. Les théories proposées par Mayer, Narayanan, Schnotz ou encore Sweller contribuent à expliquer à quelles conditions et comment se réalise cette intégration.

Dans la troisième partie, nous traitons de la compréhension des documents dits "complexes". Dans la plupart des situations de lecture fonctionnelle, le sujet se trouve non pas face à un document unique, mais à des systèmes complexes comportant des outils de recherche et d'indexation, et une grande quantité de sources d'informations possibles. La compréhension passe alors par la recherche et la sélection des informations pertinentes. Ces aspects de la compréhension n'ont été étudiés que depuis peu, mais font partie intégrante d'un modèle psychologique de la compréhension experte. De plus, la lecture de documents complexes amène le lecteur à intégrer les informations selon des modalités spécifiques. L'identification des paramètres de source (auteur, type de document) semble y jouer un rôle important.

Dans la quatrième partie, nous traiterons de deux sources de variation inter-individuelle qui influencent la compréhension : les connaissances préalables de l'individu (Ericsson & Kintsch), et les styles cognitifs.

Enfin, nous concluons par une série de recommandations pour la conception de documents électroniques qui facilitent la compréhension, en abordant en particulier les dispositifs de mise

en forme du texte, les indicateurs méta-textuels et la présentation de sources d'information multimédia.

V.2. PARTIE 2 : UTILISATION DE DOCUMENTS ÉLECTRONIQUES CHEZ L'ENFANT ET L'ADULTE

CH. 4 : UTILISATION D'HYPERMÉDIA ET RECHERCHE D'INFORMATIONS CHEZ LES ENFANTS par Catherine Garitte, Dana Goldsmith, Nadia Gauducheau & Frédérique Cuisinier

De nombreux documents multimédias électroniques accessibles commercialement (D.V.D., C.D.Rom) ou par *Internet* sont mis à la disposition des enfants dans le but de satisfaire leur curiosité, de répondre à des questions qui leur sont posées dans un but éducatif ou pédagogique. La pléthore de ce type de documents est telle que les parents, éducateurs, pédagogues, *etc.* sont souvent perplexes et manquent d'informations pour choisir le multimédia qui sera bien construit, qui correspondra aux objectifs de l'utilisation (apprentissage, recherche d'information, plaisir, *etc.*) qui intéressera les enfants, d'autant plus que le coût financier est parfois important. Comme pour certains jouets qui sont rapidement relégués au fond d'un placard alors que les fabricants vantaient leurs vertus éducatives et pédagogiques, ces documents électroniques ne peuvent intéresser les enfants que s'ils correspondent à leurs intérêts ludiques et intellectuels et à leur niveau cognitif. Or ceux-ci changent au cours du temps, en fonction de plusieurs facteurs. L'objectif de ce chapitre est de rendre compte des processus cognitifs (psycholinguistiques, logiques, stratégiques, perceptifs, moteurs, *etc.*) qui sont mobilisés chez les enfants lors l'exécution des différentes tâches impliquées dans l'utilisation des documents électroniques (l'apprentissage, la résolution des problèmes et la recherche d'informations, *etc.*), en fonction de leur développement intellectuel, de leur niveau de connaissance et d'expertise, de leurs représentations de la machine, de son fonctionnement et du dialogue qui s'instaure entre eux et l'ordinateur, de leurs capacités à sélectionner les informations pertinentes, de leurs capacités à décomposer un but en sous-buts, *etc.* Cet éclairage des processus cognitifs permettra d'analyser le type d'obstacles que les enfants rencontrent dans l'utilisation des documents multimédias, obstacles qui rendent la présence de l'adulte indispensable, au moins dans un premier temps, pour que l'utilisation soit fructueuse et apporte suffisamment de plaisir et de joie pour que les enfants, ultérieurement, puissent avoir à nouveau recours à ce type de démarche lors de nouvelles utilisations de ce type de support.

CH. 5 : UTILISATION D'AIDES À L'APPRENTISSAGE DE LA LECTURE CHEZ L'ENFANT par

Bruno de Cara

L'objectif général du chapitre est de faire un état des lieux précis des outils informatisés d'aide à l'apprentissage de la lecture chez l'enfant pré-lecteur et apprenti-lecteur. Cet état des lieux se limitera aux outils issus de la recherche scientifique (c'est-à-dire ayant fait l'objet d'études de validation publiées dans des revues scientifiques). Le domaine des aides à l'apprentissage de la lecture pose trois questions générales : a/ Quels processus cognitifs spécifiques peuvent être entraînés afin d'améliorer la lecture chez l'apprenti-lecteur ? b/ Quels exercices s'avèrent les plus efficaces pour entraîner ces processus ? c/ Quelle méthodologie faut-il suivre pour valider scientifiquement le bénéfice apporté par un entraînement ? Au-delà de ces questions générales se pose la spécificité du support informatique dans la mise en oeuvre des aides à l'apprentissage. L'avantage de l'informatique est de fournir, outre une neutralité dans la relation pédagogique, un instrument formaté susceptible de tenir compte de variables expérimentales (temps d'exposition, temps de traitement), de présenter une information simultanément sous plusieurs modalités (texte, son, image), de s'adapter aux besoins de l'utilisateur par une certaine flexibilité. L'élaboration d'une grille d'évaluation des aides informatisées à l'apprentissage de la lecture doit tenir compte d'un certain nombre de critères : conception de l'apprentissage, explicitation de buts, statut de l'erreur, adaptabilité du feedback correctif notamment. La validité du bénéfice lié à un entraînement peut être remise en cause par certaines faiblesses méthodologiques : absence de groupe contrôle, taille insuffisante des échantillons, absence de pré-test, description imprécise des traitements, interventions trop brèves, absence de transferts de connaissances, devenir des bénéfices au-delà du post-test initial. Enfin, le chapitre fournira un certain nombre d'illustrations d'aides informatisées à l'apprentissage de la lecture. Ces aides se répartissent en deux grandes catégories :

1/ Les outils portant sur les sous-systèmes. Certains outils informatisés portent sur des compétences *pré-requises* à l'acquisition du langage écrit (traitement temporel de l'input auditif, conscience phonologique, conscience morphologique, accès au lexique). Les hypothèses qui sous-tendent l'élaboration de ces outils sont de trois ordres : (a) les difficultés de langage écrit se développent à partir du dysfonctionnement de sous-systèmes (primaires, modulaires ou segmentaires) ; (b) ces sous-systèmes défailants peuvent être améliorés par un

entraînement progressif ; (c) l'amélioration des performances de ces sous-systèmes peut entraîner, par transfert ou par généralisation, une évolution des compétences lexiques de l'enfant.

2/ *Les outils intégratifs*. Ces outils sont directement axés sur le langage écrit. Ils ont pour objectif explicite d'entraîner et d'automatiser les *stratégies* de lecture des enfants (déchiffrage et compréhension) en utilisant des situations "naturelles" de lecture.

CH. 6 : RECHERCHE D'INFORMATIONS SUR LE WEB CHEZ DES ADULTES D'ÂGES DIFFÉRENTS par Marie-Louise Le Rouzo, Daniel Martins & Majid Ihadjadene

De nombreux utilisateurs adultes consultent aujourd'hui les bases de données électroniques afin d'y trouver les documents qui leur permettront d'apporter des réponses à des questions extrêmement diverses, elles-mêmes suscitées par leur confrontation à une très grande variété de situations de la vie quotidienne (travail, éducation, culture, loisirs, santé, etc.). Ainsi qu'il a été précisé dans l'introduction de cet ouvrage, bon nombre de recherches d'informations se soldent par un échec, notamment lorsqu'elles sont réalisées par des utilisateurs largement ignorants de l'organisation et du fonctionnement des interfaces humains – machines. En raison de l'importance croissante de l'utilisation d'Internet dans les activités quotidiennes, on peut envisager que les difficultés d'utilisation des portails existants s'amplifieront dans les années à venir. D'une part, le succès public des bases de données électroniques est à l'origine de l'augmentation de la quantité de documents consultables sur le Web. Or, une trop grande abondance de documents constitue sans doute une source de difficulté pour des utilisateurs peu experts dans le maniement des systèmes. D'autre part, l'arrivée à l'âge de la retraite de la cohorte des "babyboomers" pourrait sensiblement accroître le nombre d'utilisateurs ayant accès aux bases de données électroniques, novices en recherche d'informations et/ou peu au fait des modifications apportées à l'organisation des portails existants, et cherchant à répondre au moyen d'Internet à des questions de vie quotidienne. Comme le souligne Massaro (2003), les difficultés d'utilisation gagneront un 3^{ème} âge, exclu jusqu'ici des préoccupations en raison du fait qu'il était peu affecté par la question.

L'analyse cognitive des situations "naturelles" de recherche d'informations fait apparaître le caractère composite de cette activité qui mobilise une diversité de processus cognitifs et fait intervenir différentes étapes d'interaction avec le système informatique. Une tâche de recherche d'informations mobilise des processus de compréhension, dans la définition de l'objectif de recherche et dans l'évaluation de la pertinence des documents trouvés, des

processus d'appel à différentes connaissances, déclaratives et/ou procédurales, dont dispose ou non la personne qui cherche à la réaliser, des processus de planification, de gestion, et de contrôle de l'exécution des actions et des opérations à effectuer pour atteindre le but souhaité ou s'en rapprocher progressivement. Le cours de l'interaction utilisateur – système permet de distinguer différentes étapes de réalisation de la tâche de recherche d'informations. Il s'agit généralement d'une étape de formulation de la requête au moteur de recherche, d'une étape de traitement des informations renvoyées par le moteur de recherche et d'une étape de localisation des documents cibles au sein de l'hypermedia. La nature des connaissances, déclaratives et/ou procédurales, susceptibles d'être mobilisées par le "chercheur" d'information peuvent influencer diversement chacune des étapes de réalisation de la tâche de recherche. Le type d'information à rechercher peut influencer les options stratégiques déployées par l'utilisateur aux différentes étapes de la recherche. Le mode d'organisation et de fonctionnement du système d'interface peut être plus ou moins exigeant quant aux capacités et aux ressources cognitives exigées par la réalisation des tâches de recherche.

Ce chapitre est le fruit d'une collaboration entre chercheurs diversement intéressés par le fonctionnement cognitif des utilisateurs adultes, l'influence de l'âge sur le fonctionnement cognitif, et par les possibilités d'adaptation des systèmes multimédias au fonctionnement cognitif, aux capacités de traitement et aux ressources cognitives des utilisateurs. Son objectif est d'examiner les processus impliqués dans la recherche d'informations au sein des documents électroniques en fonction de différents facteurs tels que le type d'information à rechercher, le niveau d'expertise des utilisateurs dans le maniement du système ou dans le domaine de connaissance dont relève l'information recherchée, l'âge des utilisateurs qui peut réduire sélectivement certaines capacités cognitives et/ou limiter les ressources attentionnelles allouées à la tâche de recherche, provoquant ainsi des difficultés dans la gestion des informations ou dans le contrôle de son exécution. Outre les travaux réalisés dans ces perspectives, nous présenterons nos recherches communes.

CH. 7 : L'UTILISATION DES AIDES EN LIGNE ET AUTRES DOCUMENTS PROCÉDURAUX par Franck Ganier

Ce chapitre propose de présenter un état des recherches concernant l'utilisation des documents procéduraux électroniques (aides en ligne, manuels d'utilisation au format PDF, procédures d'installation proposées sur CD-ROM multimédia, etc.). L'objectif de ces documents est généralement d'aider un utilisateur inexpérimenté à réaliser une tâche en fournissant des

informations plus ou moins détaillées sur les procédures permettant de manipuler un dispositif parfois complexe et parfois jusqu'alors inconnu (par exemple, manipuler une interface matérielle ou logicielle ou encore installer un périphérique informatique). Toutefois, depuis une vingtaine d'années, un corps grandissant de recherches s'intéressant d'abord aux documents procéduraux imprimés puis électroniques montre que ces documents sont généralement peu, pas ou mal utilisés, voire utilisés sans succès, du fait d'une conception souvent inadaptée à l'utilisateur (Smillie, 1985 ; Ganier & Heurley, 2003). Postulant qu'une meilleure compréhension des usages et des difficultés rencontrées par les utilisateurs ainsi que des facteurs impliqués dans le traitement de ces documents devrait permettre d'apporter des solutions de conception adaptées, ce chapitre s'articule en trois parties.

La première partie présente les problèmes généraux posés par l'utilisation des documents procéduraux électroniques. Elle fait d'abord état des différents types d'information qui peuvent y figurer, selon l'usage auquel ils sont destinés : manuels d'installation et de maintenance de matériel, tutoriels destinés à l'apprentissage d'une application informatique, guides de référence ou aides en ligne destinés à la résolution de problèmes (Brinkman *et al.*, 2001 ; Wright, 1990), puis pose le problème de l'objectif suivi par l'utilisateur qui peut induire des stratégies d'utilisation différentes selon qu'il s'agit de résoudre un problème ou d'apprendre à manipuler le dispositif (Elkerton, 1988 ; Ummelen, 1996 ; Ganier, 2004). Une présentation des trois niveaux d'interaction avec le document définis par Wright (1990) : localiser l'information, la comprendre et l'appliquer permet ensuite de mettre en évidence certaines difficultés rencontrées par les utilisateurs. Cette partie s'achève sur la présentation des conséquences d'une mauvaise documentation, tant pour l'utilisateur que pour le fabricant.

La seconde partie s'attache à décrire les facteurs pouvant affecter l'utilisation et la compréhension des documents procéduraux électroniques. Dans cette partie sont évoqués trois catégories de facteurs :

- les facteurs liés aux caractéristiques de l'utilisateur. Par exemple, Freudenthal, 2001 et Wright, 2000 montrent que les processus attentionnels ou encore mnésiques impliqués dans le traitement des documents procéduraux électroniques varient selon le niveau de connaissances préalables ou encore l'âge des utilisateurs ;
- les facteurs liés à la présentation de l'information dans la documentation. Certains auteurs mettent en évidence les effets de la présentation d'information sous forme de texte ou d'image sur l'exécution immédiate ou différée de procédure (Van der Meij &

Gellevij, 1998 ; Westendorp, 1996), d'autres insistent sur les apports du multimédia (vidéo, son, animations) dans l'apprentissage de procédures (Liu, 2001 ; Wright, 1998).

- Les facteurs liés au dispositif manipulé (ergonomie de l'interface). Norman (1991) a mis en évidence que les affordances jouaient un rôle important dans la manipulation de dispositifs ; toutefois, d'autres sources d'informations tels les textes ou encore les icônes intégrés à l'interface peuvent également jouer un rôle déterminant dans le guidage des utilisateurs (Wiedenbeck, 1999).

L'interaction entre ces trois types de facteurs se traduit par un phénomène spécifique à l'usage des documents procéduraux : le phénomène d'atomisation de l'action (Vermersch, 1985), qui constitue sans doute une trace du coût élevé du traitement des informations en présence (Cerpa, Chandler, & Sweller, 1996 ; Duggan & Payne, 2001 ; Sweller & Chandler, 1994).

La troisième partie est consacrée à la présentation de méthodes et de stratégies d'aide à la conception susceptibles d'améliorer l'utilisabilité des documents procéduraux électroniques. Elle pose d'abord le problème du choix du contenu du document (manuel «minimal" vs manuel détaillé) et des stratégies de conception permettant de déterminer ce contenu (Elkerton, 1988 ; Pilkington, 1992), puis s'intéresse au format de présentation de l'information le plus adéquat pour réduire le coût du traitement (Sweller & Chandler, 1994). Enfin, elle propose quelques pistes pour évaluer l'utilisabilité de documents procéduraux électroniques (Ganier, 2002 ; Kontogiannis, 1999).

En guise de conclusion sont proposées des perspectives de recherches axées sur les spécificités de ce type de documents et leur traitement cognitif.

V.3. PARTIE 3 : CONCEPTION ET AIDES À LA CONCEPTION DES DOCUMENTS ÉLECTRONIQUES

CH. 8 : CONCEPTION : "MACRO" STRUCTURER LE PRODUIT par Stéphane Caro

On peut distinguer deux niveaux de structuration des documents numériques. Ces deux niveaux correspondent aussi à deux niveaux de découpage de l'information. Le niveau «macro» correspond au découpage de l'information d'un domaine en différentes unités d'informations (écrans). Le niveau inférieur, ou "micro" correspond au découpage de l'information en concept sur chaque écran (Balpes, 1990). Par "macro structuration", on entend donc la structuration du document qui n'est pas forcément visible par l'utilisateur mais qui est perceptible lors des déplacements en son sein. L'objectif de cette structuration est de

proposer une arborescence, qui corresponde à l'objet du document numérique. Deux principaux objectifs président à la construction des documents numériques. Ces deux objectifs sont également ceux qui impliquent un mode de construction d'un modèle mental du document différent. Certains documents sont dits "informatifs" et correspondent à un but de connaissance d'un domaine. D'autres documents ont une visée procédurale et correspondent à un objectif d'"action". À ces objectifs différents, on doit associer une structuration qui permette un bon découpage de l'information en vue de la "connaissance" dans le premier cas et d'accomplir la tâche visée dans le second. La première partie de ce chapitre présente quatre méthodes qui peuvent être utilisées pour déterminer la structure du document numérique en fonction de son but. Deux méthodes pour les documents informatifs ("pour connaître") et deux méthodes pour les documents procéduraux ("pour agir"). Les quatre méthodes présentées sont des outils d'analyse du travail qui aident à la structuration de documents numériques qui respectent le modèle mental des utilisateurs. Le document sera alors perçu comme plus intuitif pour l'utilisateur.

Les deux premières méthodes sont destinées à structurer les documents dont le but est la connaissance objective (scientifique, juridique, description d'objets et organismes, institutions, processus etc.) : La technique d'élicitation associative et la technique du tri de cartes.

Les deux méthodes présentées ensuite sont destinées à structurer des documents à vocation procédurale : une méthode d'interview semi-dirigé et une méthode d'observation en situation. Pour chacune de ces méthodes, des exemples de conception sont donnés.

La seconde partie de ce chapitre présente les organisateurs qui permettent au sein d'un document de rendre visible sa macro-structure, son volume, de permettre un repérage des parties. Ces organisateurs dits "anti-entropiques" aident l'utilisateur principalement dans deux directions : la construction d'un modèle mental de la structure du document et la navigation au sein du document. Ces organisateurs sont ajoutés souvent artificiellement par les concepteurs afin de faciliter l'utilisation du document et la perception de sa structure.

Parmi les organisateurs qui aident à la construction d'un modèle mental de la structure du document, nous présentons les plans, les indicateurs de positionnement, de volume, de contexte. Les organisateurs destinés à faciliter la navigation sont aussi abordés : historiques, points de repère, dispositifs de progression séquentielle, de retour en arrière, annonces de

destination, dispositifs d'information locale, dispositifs destinés à éviter les digressions, dispositifs de recherche.

Pour chaque type d'organisateur, nous donnons des exemples d'applications et un état des recherches en cours sur le sujet.

CH. 9 : LA CONCEPTION DE SITES WEB : QUELLES DIFFICULTÉS ? par Aline Chevalier

Comme il l'a été abordé dans les deux premières parties de cet ouvrage, de nombreuses recherches ont trait au fonctionnement cognitif des utilisateurs du Web. Certaines d'entre elles mettent en évidence que les sites sont souvent jugés difficiles d'accès et d'utilisation. En revanche, peu de travaux s'intéressent au fonctionnement cognitif des concepteurs de sites Web. Les études qui s'intéressent à la conception de sites Web ne portent pas sur l'activité cognitive des concepteurs, mais sur leurs productions finales, c'est-à-dire sur les sites Web réalisés. Une partie de ces travaux visent à développer des outils automatiques d'évaluation de sites Web et/ou d'aide à la conception de sites, comme certains J. Vanderdonckt et M. Ivory le développent au cours des chapitres 10 et 11.

Ces études sont pertinentes car elles apportent des connaissances sur les sites Web réalisés (en termes notamment de qualité ergonomique, de techniques informatiques utilisées). Cependant, elles ne nous éclairent pas sur la démarche mise en œuvre par les concepteurs pour parvenir à l'élaboration d'un site Web. Or, nous défendons l'idée selon laquelle étudier l'activité cognitive de ces concepteurs et, plus précisément, identifier les difficultés qu'ils rencontrent sont indispensables à l'amélioration ergonomique des sites Web diffusés, en proposant, entre autres, des aides aux concepteurs. C'est dans cette perspective que ce chapitre s'inscrit.

Lorsque les concepteurs réalisent un site Web, ils doivent prendre en compte différentes contraintes relatives à leur activité (des contraintes d'ordre technique, esthétique, etc.). En plus de ces contraintes, les concepteurs doivent tenir compte des besoins du commanditaire du site et de ceux des futurs utilisateurs ; ce qui se traduit également sous la forme de contraintes. Cet aspect de leur activité est particulièrement difficile, car le commanditaire et surtout les utilisateurs ne sont pas présents tout au long du processus de conception. Les concepteurs doivent alors essayer de "se décentrer" de leur propre point de vue pour essayer de "se mettre à la place" de ces autres acteurs du processus de conception (commanditaire et utilisateurs). Parviennent-ils à se décentrer de leur point de vue pour prendre en compte les besoins du

commanditaire et de l'utilisateur ? Comment parviennent-ils à gérer la satisfaction de besoins liés à ces deux acteurs ? Quels sont les facteurs qui peuvent influencer sur cette activité ?

Afin d'apporter des éléments de réponse à ces questions, nous présentons et mettons en relation les résultats de plusieurs études expérimentales conduites auprès de concepteurs débutants et professionnels de sites Web, en situation de conception et d'évaluation de sites Web.

Les premiers résultats obtenus montrent que les concepteurs quel que soit leur niveau d'expertise, se focalisent sur les contraintes liées aux besoins du commanditaire lorsqu'ils réalisent un site, au détriment de celles liées aux futurs utilisateurs. Cela a alors des conséquences négatives sur la qualité ergonomique des sites réalisés, en ce sens qu'ils comportent de nombreux problèmes d'utilisabilité. Les concepteurs introduisent certes des problèmes ergonomiques dans leurs sites, mais sont-ils en mesure de les identifier dans les productions dont ils ne sont pas auteurs ? En situation d'évaluation de sites, les concepteurs parviennent à davantage tenir compte des besoins des futurs. Néanmoins, ils identifient peu de problèmes d'utilisabilité présents dans les sites à évaluer et en identifient que les utilisateurs. A l'issue de ces résultats, de nouvelles situations expérimentales de conception ont été proposées à des concepteurs débutants et professionnels dans lesquelles nous essayons d'induire, par différents procédés, aux concepteurs le point de vue de l'utilisateur.

Nous concluons ce chapitre par les apports de nos travaux sur le fonctionnement cognitif des concepteurs et leurs implications en termes d'aide à leur activité. Des pistes de recherche sont également proposées pour aider les concepteurs à développer une activité orientée utilisateurs.

CH. 10 : LES SYSTÈMES D'AIDE À LA CONCEPTION par Jean Vanderdonckt

Ce chapitre a pour objectif de mettre en correspondance les besoins des concepteurs, identifiés comme réels ou perçus comme tels, en matière de support aux activités de conception de sites Web et les outils de support à ces activités, existants ou à imaginer. Cette mise en correspondance devrait aider à mieux comprendre la nature des activités de conception et à mieux déterminer quels sont les outils logiciels qui contribuent réellement à supporter le concepteur dans différentes situations de conception. Le développement de cette mise en correspondance sera animé continûment par une préoccupation majeure : comment supporter le mieux possible le concepteur tout en lui fournissant une aide en ergonomie logicielle chaque fois que le besoin s'en fait sentir.

Ce chapitre s'adresse à toute personne intéressée par le cycle de vie de développement de l'interface homme-machine d'un site Web : les concepteurs de sites Web d'abord, les acteurs en matière de processus de développement ensuite, les chercheurs et développeurs d'outils d'aide à la conception enfin.

Pour mettre en œuvre cette correspondance, on souhaite d'une part étudier les activités de conception de sites Web en les structurant suivant trois points de vue : en fonction du moment où ils sont utilisés (cycle de vie en O), en fonction de la représentation manipulée (les trois représentations) et en fonction de l'approche adoptée (cadre de référence Caméléon).

Pour aboutir à cette mise en correspondance, on souhaite d'autre part analyser comment tout système d'aide à la conception se devra d'apporter un support réel aux activités décrites ci-dessus sans les perturber, de préférence basé sur des principes d'ergonomie du logiciel. Dans ce but, on distingue deux catégories d'outils en fonction du type de spécifications sur lesquelles ils travaillent :

1. Les *outils formels* : ils invitent le concepteur à rédiger un ou plusieurs modèles (semi-)formels du futur site Web à concevoir. Ces modèles sont alors exploités en vue de structurer le reste du développement du site Web, de dériver aussi automatiquement que possible tout ou partie du code du site Web. Ces outils sont qualifiés de formels dans la mesure où ils manipulent une représentation interne du site Web, où ils doivent vérifier formellement des propriétés comme la complétude, la cohérence.
2. Les *outils informels* : plutôt que d'enjoindre le concepteur à traduire les connaissances qu'il a du problème en spécifications, il peut dessiner, de préférence avec un utilisateur final ou un de ses représentants, une maquette du site Web. Cette maquette peut toucher tant la présentation de chaque page Web que la navigation entre ces pages. En fonction du moment, la maquette peut être réalisée avec différents niveaux de finition appelés niveaux de fidélité : le prototypage de basse fidélité (en anglais, *low-fidelity prototype*) s'attache à concevoir une page Web sans s'encombrer de détails avancés de conception et d'implémentation ; le prototypage de moyenne fidélité (en anglais, *mid-fidelity prototype*) s'avère opportun quand l'utilisateur final et le concepteur concourent déjà à une conception précise d'une page, sans toutefois spécifier l'ensemble des paramètres nécessaires ; le prototypage de haute fidélité (en anglais, *high-fidelity prototype*) est réservé aux pages

Web dont on souhaite une conception aussi détaillée que possible, potentiellement avec déjà tous les paramètres nécessaires à son implantation.

Cette maquette peut être réalisée de trois manières différentes en fonction de la fidélité:

- a. *par esquisse* pour le prototypage en basse fidélité: le concepteur et/ou l'utilisateur dessine lui-même à la main une esquisse de la présentation, de la navigation. Ces dessins sont alors reconnus grâce à des techniques de mise en correspondance de patrons ("pattern matching") pour déterminer les objets du site Web concerné. Par exemple, JavaSketchIt permet au concepteur de dessiner un écran et de le transformer automatiquement en une interface finale directe.
- b. *par dessin vectoriel* pour le prototypage en moyenne fidélité: le concepteur dessine dans une application de dessin vectoriel prévue à cet effet un dessin de l'interface proche de la réalité. Ce dessin est ensuite transmis au développeur après avalisation par l'utilisateur. Par exemple, Microsoft Visio permet au concepteur de représenter graphiquement une carte graphique d'un site. Cependant, ce dessin ne peut être réutilisé directement dans le reste du processus de développement.
- c. *par dessin graphique* pour le prototypage en haute fidélité : le concepteur dessine la page Web exactement comme elle devra apparaître en final. Ceci pose évidemment la question de la couverture graphique : il n'est pas possible de dessiner ou de représenter graphiquement l'ensemble des paramètres nécessaires à la conception d'un site Web. Dès lors, les parties non exprimables graphiquement devront l'être suivant une modalité alternative comme le texte ou la voix.

Ces outils sont essentiellement mis en œuvre au sein de méthodologies de développement de sites Web. Cette insertion est tantôt implicite (non véritablement précisée, mais réelle) tantôt explicite (expressément placée pour supporter une étape du processus de développement). Outre ces outils d'aide à la conception, il existe également un ensemble d'outils permettant au concepteur de sites Web d'accéder à des connaissances d'ordre ergonomique. Différentes études ont montré que cet accès est très souhaité par la majorité des concepteurs, mais que ces connaissances sont insuffisamment reliées au contexte du projet en cours. C'est alors au concepteur de particulariser ces connaissances.

Ensuite, il convient d'étudier la nature et la teneur des connaissances ergonomiques mises en jeu par ces différentes catégories d'outils afin de révéler quel est leur niveau de fiabilité.

Enfin, nous verrons que les concepts dégagés dans ce chapitre sont supposés rester stables dans le temps, malgré l'évolution croissante du Web. Si l'objet des outils de support à la conception ne devrait pas trop s'en trouver perturbée, en revanche leur couverture et leur puissance s'en trouveront largement affectées. Nous verrons donc quelques nouvelles familles d'outils dédiés aux nouvelles formes d'interaction avec le Web, comme la multimodalité.

CH. 11 : LES SYSTÈMES D'AIDE À L'ÉVALUATION par Jean Vanderdonckt & Melody Ivory

Différentes études expérimentales révèlent les besoins ressentis par les concepteurs et évaluateurs en matière d'aide à l'évaluation de l'interface d'un site Web. Par exemple, Chevalier (2002) et Chevalier et Ivory (2003) montre que des concepteurs de sites Web débutants ont la capacité d'identifier davantage de problèmes ergonomiques lorsqu'ils ont suivi une formation à des critères ergonomiques de conception et/ou d'évaluation et de règles ergonomiques associées. Scapin *et al.* (2000) montrent qu'une structuration des activités d'évaluation d'un site Web en termes reliés explicitement à des critères ergonomiques permettent aux évaluateurs de mieux prendre en compte ces critères.

D'autres études montrent aussi que les personnes chargées de l'évaluation d'un site Web peuvent avoir différents objectifs en tête : évaluer sommativement le site Web afin d'en vérifier la conformité avec un document de référence tel une norme ou évaluer formativement le site afin de communiquer au concepteur des directives concrètes qu'il peut mettre en œuvre pratiquement. Parfois, les rôles de concepteur et d'évaluateur ne sont pas aussi séparés : souvent la même personne assume les deux rôles. Dans ce cas, la personne ressent le besoin de ne pas dissocier conception et évaluation : il faut pouvoir évaluer un site en cours de conception à tout moment de la conception, probablement même depuis le début.

Pour répondre à ces besoins divers, différents systèmes d'aide à l'évaluation des sites Web existant peuvent être classés suivant deux dimensions (Fig. 1) inspirées par le cadre de référence de Whitefield *et al.* (1991) suivant le contexte dans lequel l'évaluation a lieu :

- l'utilisateur : *réel* si l'utilisateur est réellement présent dans l'évaluation ou *représenté* si un modèle de l'utilisateur se substitue à lui.
- le site : *réel* si tout ou partie du site Web final existe et est utilisé couramment ou *représenté* si un modèle du site se substitue à lui.

		Utilisateur	
		Représenté	Réel
Application	Représentée	méthodes analytiques	rapports d'utilisateur
	Réelle	rapports de spécialistes	méthodes observationnelles

Figure 1. Cadre de référence adapté de Whitefield *et al.* (1991).

Quelles que soient les catégories de la fig. 1, il s'avère en plus que les systèmes d'aide à l'évaluation procurant une certaine assistance au concepteur, à l'évaluateur sont largement sous-explorés, voire inexistant. Il y a donc de plus en plus de recherches et développement orientés vers l'assistance (semi-)automatique à l'évaluation.

Par exemple, WebTango calcule automatiquement des valeurs de différentes métriques d'une page Web et compare ces valeurs à des valeurs de référence en fonction de la nature du site Web (par exemple, site d'information, site de loisir, site de recherche). Lorsque les valeurs mesurées sont proches des valeurs de référence validées statistiquement, on considère de manière prédictive qu'un certain degré de qualité du site Web est atteint. Au contraire, si une déviation importante est observée pour ces métriques, un risque de manque ergonomique peut survenir.

Par exemple, Kwaresmi évalue automatiquement une page Web par rapport à des règles ergonomiques préalablement encodées dans l'outil au moyen d'un langage de description baptisé GDL (Guideline Definition Language). On considère que la page Web évaluée est de qualité lorsque les règles testées sont vérifiées totalement ou partiellement.

Suite à l'examen de différents systèmes d'aide à l'évaluation, on peut ressentir la nécessité de rechercher quel est le modèle de qualité sous-jacent à chaque outil. Ce modèle n'est pas toujours explicite, mais son explicitation peut éclairer la valeur de l'évaluation automatique. Certains outils recourent à des modèles polynomiaux, statistiques, économétriques. Il n'est pas aisé de différencier ces outils quant à la qualité du résultat qu'ils produisent.

Enfin, il peut arriver que deux systèmes d'aide à l'évaluation (par exemple, Bobby et LIFT) évaluent automatiquement les mêmes points de vérification en matière d'accessibilité pour le Web (WAI, 2001), mais produisent des résultats incohérents parce que l'interprétation qu'ils donnent de chaque recommandation varie d'un outil à l'autre. Des travaux sont en cours afin

d'homogénéiser ces résultats et, ainsi, d'établir un niveau de confiance plus élevé dans le résultat produit par les systèmes d'aide à l'évaluation.

CH. 12 : L'ÉVALUATION ERGONOMIQUE DES DOCUMENTS ÉLECTRONIQUES par Christian Bastien & André Tricot

L'évaluation ergonomique des documents électroniques concerne à la fois l'évaluation des interfaces de consultation de ces documents et l'évaluation des documents eux-mêmes. On doit donc évaluer les interfaces de recherche de ces documents, les interfaces de présentation des résultats, les interfaces de consultation, c'est-à-dire de lecture de ces documents et finalement, la qualité ergonomique de ces documents, c'est-à-dire la façon dont ces documents sont présentés, la facilité avec laquelle on peut les lire, etc. On imagine donc la difficulté de la tâche d'évaluation ergonomique des documents électroniques compte tenu des tous les aspects devant être abordés.

L'objectif de ce chapitre est de présenter un état de l'art sur les méthodes et les connaissances pouvant être utilisées pour l'évaluation ergonomique des documents électroniques. Il ne s'agit pas de présenter dans le détail les méthodes évoquées, mais de présenter les résultats des recherches récentes dans le domaine des méthodes et procédures d'évaluation ergonomique des logiciels interactifs pouvant être appliquées aux documents électroniques ou des recherches réalisées dans le domaine des documents électroniques pouvant être utilisées pour l'évaluation.

Les méthodes d'évaluation des logiciels interactifs ont fait l'objet de nombreuses publications. Ces méthodes sont généralement classées en deux grandes catégories : les méthodes requérant la participation directe des utilisateurs ; et les méthodes s'appliquant aux caractéristiques de l'interface.

La première catégorie comporte les tests utilisateurs, les outils logiciels d'enregistrement d'événements utilisateurs, les questionnaires et les entretiens. Généralement, lors des tests utilisateur, une personne participe soit à l'exécution de tâches représentatives des tâches pour lesquelles l'outil informatique ou la nouvelle technologie a été conçu, soit à l'exploration libre de ces derniers. L'objectif de ces tests est d'identifier les difficultés d'usage à partir des verbalisations suscitées ou spontanées des utilisateurs ou à partir d'indices de performances variés comme le temps requis pour l'exécution d'une tâche, l'exactitude des résultats, le nombre et le type d'erreurs commises. Une fois les difficultés identifiées, des propositions sont faites afin de modifier les choix de conception responsables de celles-ci, ceci en vue d'augmenter la qualité ergonomique du logiciel.

La mise en place des tests utilisateurs est bien documentée. Cette mise en place passe par un certain nombre d'étapes parmi lesquelles on trouve : la définition des objectifs du test, le choix et le recrutement des participants, la sélection et l'organisation des tâches à réaliser, la création de scénarii de test, le choix des mesures d'utilisabilité qui seront effectuées, la préparation du matériel et de l'environnement de test, le choix des expérimentateurs (testeurs) et la conduite du test à proprement parler (consignes, accompagnement, intervention, etc.), le développement et la passation des questionnaires de satisfaction, l'analyse des données et finalement la présentation des résultats. Des recherches récentes ont toutefois démontré qu'une attention particulière devait être apportée au nombre de participants à tester, aux procédures de test, aux méthodes et métriques permettant de comparer des systèmes interactifs proposant les mêmes services ou fonctionnalités, aux techniques d'enregistrement vidéo et de capture d'événements utilisateurs, à l'évaluation à distance et à la rédaction des rapports d'évaluation.

La deuxième catégorie de méthodes, celles s'appliquant aux caractéristiques des interfaces comporte les modèles, méthodes et langages formels, le recours à l'expert, les méthodes d'inspection et les outils d'évaluation automatique. Les méthodes d'inspection sont sans doute les plus utilisées dans cette catégorie. Ici aussi, des recherches récentes attirent l'attention des évaluateurs sur un certain nombre de points, notamment sur les performances de ce type d'évaluation et sur les moyens de les augmenter. Par ailleurs, les recueils de recommandations utilisés pour la conception et l'évaluation des logiciels interactifs doivent être mis à jour pour fournir aux évaluateurs les connaissances actuelles sur ce qu'il convient de faire ou ne pas faire en matière de conception. Il s'agira donc ici de présenter les résultats des recherches ayant donné lieu à des recommandations.

Parmi les points qui seront abordés, notons :

- l'accessibilité des documents électroniques,
- l'utilisabilité des nouvelles technologies pour la lecture des documents électroniques,
- le "document engineering"
- le document comme interface.

V.4. PARTIE 4 : MÉTHODES ET TECHNIQUES DE RECUEIL ET D'ANALYSE

CH. 13: LES MÉTHODES OFF-LINE par Eric Jamet et Céline Lemercier

Dans ce chapitre, on présentera un panorama des méthodes off-line utilisées dans l'évaluation des documents électroniques. La spécificité de ces méthodes est une évaluation de la performance ultérieure à l'utilisation du document. Il s'agit donc majoritairement de

techniques de questionnaires visant par exemple à évaluer des performances de mémorisation ou la charge mentale liée à l'utilisation du document.

On exposera donc les différentes techniques d'évaluation :

- Méthodes d'évaluation de la mémorisation : Il s'agit notamment des tâches de reconnaissance des éléments d'un document (texte ou illustration) sont mélangés à des pièges. Les tâches de rappel sont quant à elles nettement plus souvent utilisées par exemple sous la forme d'épreuves de complétion de texte ou d'illustrations, de tâche de rappel libre ou de production de résumés. Une autre forme de rappel consiste à demander après la consultation de rappeler la structure du document. Certaines études cumulent ces différentes formes de rappel.

- Problèmes de transfert : la capacité des utilisateurs à exploiter les données d'un document dans de nouvelles situations (tests de transfert ou tâches de production). On s'appuiera notamment sur les modèles théoriques présentés dans le chapitre relatif à la compréhension. En effet, l'évolution des modèles de la compréhension dans les années 1980 a amené nombre de chercheurs à se détacher dans leurs évaluations des simples informations littérales du texte pour s'intéresser à des évaluations basées sur le raisonnement inférentiel.

- Tâche de réalisation : certains savoirs, notamment les savoirs procéduraux, peuvent difficilement être évalués par des questionnaires qui, par essence, renvoient à des connaissances déclaratives. Ceci est particulièrement important pour certains apprentissages notamment dans le domaine technique ou des apprentissages impliquant l'utilisation de matériels. L'utilisation de tâches visant à faire agir les sujets après l'apprentissage peut donc s'avérer nécessaire.

- La charge mentale : les modèles théoriques de l'apprentissage multimédia font souvent référence à la notion de capacité limitée du système cognitif, notamment de la mémoire de travail (Mayer, 2001, Sweller, 1999 par exemple) et à la notion de charge mentale. Évaluer cette charge en mémoire peut donc fournir des indices sur la qualité d'un document ou d'une situation d'apprentissage. La question de la mesure de la charge mentale a fait l'objet de nombreux travaux tant sur les documents techniques que pédagogiques. La majeure partie des méthodes concerne des indices recueillis en temps réel (temps de réaction en double tâche, diamètre de la pupille, variation du rythme cardiaque ou potentiels évoqués). Elles ne seront

donc pas développées dans ce chapitre. Le second type de mesure, celui que nous développerons, consiste à utiliser des échelles subjectives d'évaluation.

- Le niveau de satisfaction des utilisateurs : Cette méthode d'échelle peut aussi être utilisée pour juger de l'intérêt, de la satisfaction ou de la valeur éducative du document.

CH. 14 : LES MÉTHODES ON-LINE 1. MOUVEMENTS OCULAIRES par Maeva Strahm, Teresa Colombi, Aurore Russo & Thierry Baccino

Ce chapitre présente la technique d'enregistrement oculométrique appliquée d'une part à l'étude scientifique des documents électroniques et d'autre part à l'utilisabilité des sites Web. Celle-ci offre au chercheur en psychologie cognitive ainsi qu'à l'ergonome un pistage en temps réel des processus cognitifs des utilisateurs. Ce chapitre s'articule donc en deux parties : la première qui s'adresse plus particulièrement à un public universitaire (chercheurs et étudiants) expose les fondements théoriques sur lesquels reposent cette technique, la seconde qui s'adresse à un public de professionnels ergonomes présente la méthodologie et les applications dans le domaine de l'utilisabilité.

La technique d'enregistrement des mouvements oculaires bien qu'ancienne en psychologie (Huey, 1900 ; 1908), n'est réellement utilisée pour rendre compte des traitements cognitifs que depuis une vingtaine d'années (Rayner, 1998 pour une synthèse). La technique oculométrique est depuis utilisée non seulement en psychologie cognitive mais également en ergonomie cognitive, notamment dans ces dernières années. En psychologie, elle permet d'aider à la compréhension du fonctionnement cognitif, alors qu'en ergonomie, elle permet d'évaluer les interfaces Hommes/Ordinateurs (IH/O) (Baccino & Colombi, 2001). La notion d'évaluation est au centre de la problématique de l'utilisabilité des interfaces. De nombreuses techniques peuvent être utilisées (par exemple, évaluation heuristique, entretiens, questionnaires, etc.). Le choix d'une technique va dépendre d'une part de la phase dans laquelle intervient l'ergonome (conception, réalisation, validation de l'interface) mais également des contraintes matérielles (durée de l'évaluation, équipement, coût...) et des choix méthodologiques (analyse quantitative ou qualitative). L'évolution des systèmes d'enregistrement oculométrique rend cette technique prometteuse dans le domaine de l'évaluation ergonomique. En effet, elle permet de recueillir des indicateurs temps réels pertinents pour l'évaluation de l'utilisabilité des interfaces. Grâce à l'utilisation de cette technique, l'évaluation ne se limite plus au résultat (pourcentage d'erreurs, temps d'exécution des tâches, etc.) mais aux processus mis en jeu lors de la réalisation de la tâche par le sujet

(stratégies de recherche visuelle, traitement cognitif du contenu, compréhension de texte, etc.). La technique du reflet cornéen (Baccino & Colombi, 2001 ; Collewijn, 1999 ; Young & Sheena, 1975) a pour avantage d'être précise sans pour autant être invasive : elle permet une analyse comportementale précise en temps réel tout en respectant les situations réelles d'utilisation.

Les principaux observables oculométriques qui peuvent être utilisés pour l'évaluation de l'utilisabilité des documents électroniques et que nous présenterons dans ce chapitre ont été pour la plupart, mis en évidence par Goldberg et collaborateurs (1995, 1998). Ils distinguent : (1) les indicateurs reflétant les processus de recherche d'information qui sont surtout des traces spatiales du déplacement du regard, (2) de ceux qui rendent compte du traitement de l'information qui dénotent des durées de traitement. En outre, les mesures temporelles (à partir des fixations) témoignent des centres d'intérêt ou des difficultés d'identification et d'intégration des informations induites par l'interface alors que les mesures spatiales (à partir des saccades) reflètent davantage les difficultés visuelles (problèmes de visibilité ou de lisibilité) ou attentionnelles rencontrées par les utilisateurs. Une notion essentielle empruntée à l'étude des images (Fisher, Karsh, Breitenbach, & Barnette, 1983) est celle de scanpath, définie comme une séquence ordonnée des fixations et des saccades nécessaires à la récupération de l'information recherchée. La longueur du scanpath² et sa durée³ fournissent une mesure globale de l'efficacité de la recherche sur l'interface. De la même manière, la fréquence avec laquelle le regard passe d'une zone d'intérêt à l'autre est exprimée par une matrice de transitions (Viviani, 1990). Celle-ci témoigne des déplacements attentionnels et des stratégies d'inspection. Le scanpath est primordial pour repérer l'ordre des opérations mentales et renseigne sur la séquence des éléments extraits de la page pour construire la représentation mentale. A partir de cette matrice de transitions, le calcul d'une densité des transitions indique si l'information recherchée a été récupérée facilement ou non (Baccino & Colombi, 2001 pour une synthèse). D'autre part, certains systèmes enregistrent également le diamètre pupillaire qui peut être utilisé pour estimer la charge mentale induite par l'écran (Bucks & Walrath, 1992) ou le stress visuel (Jaschinski, Bonacker, & Schubert-Alshuth, 1996).

Ainsi, cette technique oculométrique trouve des applications, dont nous présenterons quelques exemples, aussi bien lors de la phase de conception de l'interface (évaluation des prototypes) qu'en phase de validation (évaluation de l'interface). Dans le premier cas elle sera utilisée dans

² Somme des distances algébriques d'une séquence saccadique mesurée en pixels.

³ Somme des fixations et des saccades en ms.

le cadre d'une approche expérimentale, alors que dans le second d'une approche observationnelle. L'utilisation de cette technique, souvent couplée à des outils plus "classiques" (comme par exemple les questionnaires) permet donc d'avoir une vision globale tant des performances des sujets que de leurs préférences vis-à-vis du matériel présenté. Les possibles évolutions dans la recherche appliquée sur cet outil pourront concerner le couplage avec d'autres moyens de pistage des processus cognitifs, tel que l'enregistrement des potentiels évoqués (PE).

CH. 15. LES MÉTHODES ON-LINE 2. ANALYSE DES PARCOURS par Claude Bastien, Franck Amadieu & André Tricot

L'analyse des parcours a pour objectif de permettre l'interprétation d'un aspect du comportement de l'utilisateur du document : ses actions sur le document, c'est-à-dire essentiellement ses clicks-souris sur telle ou telle partie du document. Différentes méthodes d'analyse des parcours sont utilisées depuis une quinzaine d'années, dont la plupart sont encore discutées, sinon en cours d'élaboration.

La première catégorie de méthodes consiste à mesurer l'efficacité de l'ensemble des actions (des sélections de documents ou de sous-parties du document) réalisées par l'utilisateur lors de la réalisation de la tâche d'utilisation du document. Les mesures d'efficacité du parcours reprennent les mesures traditionnelles issues des sciences du document : les taux de rappel et de précision (Buckland & Gey, 1994). Les indices utilisés pour établir ces mesures sont : T, le nombre total de nœuds ouverts ; F, le nombre de nœuds ouverts plus d'une fois ; D, le nombre de nœuds différents ouverts ; R, le nombre de nœuds pertinents ou "cibles" ; ou R', le nombre de nœuds du parcours optimal (c'est-à-dire le nombre de nœuds nécessaires et suffisants à la réalisation de la tâche) ; O, le nombre de cibles effectivement ouvertes par l'utilisateur ; O' nombre de nœuds du parcours optimal effectivement ouverts ; U, le nombre de nœuds non pertinents ouverts par l'utilisateur. Nous présentons une analyse détaillée du tableau 1.

<i>nom de la mesure</i>	<i>formule</i>	<i>exemple de référence</i>
Taux de rappel (TR)	O/R	Tricot <i>et al.</i> , 1999
	O/R'	Stanton, Correia, & Dias, 2000
	O (quand R est fixe)	Downing, Moore, & Brown, 2004
Taux de précision (TP)	O/T	Tricot <i>et al.</i> , 1999
	O'/T	Dias & Sousa, 1997
	T	McDonald & Stevenson, 1998
	F	Ahuja & Webster, 2001
	O / (R + U)	Rouet, 2003
Autres mesures d'efficacité ou d'inefficacité (*)		
efficience	TR (R') / T	Padovani & Lansdale, 2003
économie	D / T	Tricot <i>et al.</i> , 1999
taux d'accès	R' / R' + U	Dias & Sousa, 1997
*désorientation (L)	$(D/T - 1)^2 + (R/D - 1)^2$	Smith, 1996
*redondance	(T-D) / T	Padovani & Lansdale, 2003

Tableau 1. Principales mesures d'efficacité du parcours de l'utilisateur d'un hypermédia

Nous présentons aussi la mesure utilisée par Otter et Johnson (2000) qui proposent de pondérer l'indice de désorientation de Smith (1996) par le poids des liens utilisés. Enfin, nous terminons cette première partie sur la présentation succincte des mesures du temps de parcours, qui sont aussi des mesures d'efficacité pondérées (ou efficience).

La seconde partie du chapitre présente les méthodes consacrées à la description de la suite des actions de l'utilisateur : contrairement à la première catégorie de méthodes, celle-ci rend compte de l'ordre des actions. Par exemple, si l'on distingue les parties fonctionnelles du document des parties de contenu, on peut être intéressé par une description de la succession d'actions des fonctions vers les contenus, des contenus vers les fonctions, d'une fonction vers une autre fonction, d'un contenu vers un autre contenu. On est donc généralement conduit à élaborer une grammaire, un système de codage des actions. Élaborer de telles grammaires ne présente pas de difficulté particulière. Mais ces grammaires n'ont aucune pertinence pour elles-mêmes. Leur pertinence est strictement relative à l'hypothèse initiale concernant le comportement de l'utilisateur.

Nous rendons compte des propositions des auteurs qui distinguent les mesures selon les différentes étapes de réalisation de la tâche (planification, recherche d'information ou lecture, retour aux questions, vérification ou révision, etc.), comme Smith (1996).

Nous présentons la proposition de McEneaney (2001), qui a élaboré des outils pour modéliser le parcours de navigation de l'utilisateur dans les documents électroniques : à partir de matrices nœuds x nœuds qui permettent de représenter les liens, il peut calculer la centralité d'un nœud, la compacité (c'est-à-dire le degré de connectivité du réseau) et les strates, qui permettent d'indiquer le degré de linéarité du réseau. Ces indices permettent de caractériser non seulement le réseau mais aussi tout parcours.

L'analyse se fonde enfin parfois sur une description de l'appropriation des fonctionnalités de du document par l'utilisateur (Bera & Liu, 2004 ; Padovani & Lansdale, 2003). Nous présentons en particulier l'étude de Danielson (2002) qui utilise une palette très complète de mesures de l'utilisation des fonctionnalités comme moyen d'analyse de l'activité de navigation.

Chaque partie donnera lieu à une discussion de la pertinence des mesures présentées et de la possibilité d'automatiser ou non ces mesures.

Dans une dernière partie du chapitre, nous discutons de l'interprétation conjointe des mesures *on-line* du parcours de l'utilisateur et de mesures *off-line* de la réussite de la tâche principale (par exemple, une tâche d'apprentissage, de compréhension, de prise de décision).

CH. 16. LES MÉTHODES ON-LINE 3. LES VERBALISATIONS par Aline Chevalier & Julien Cegarra

Lorsqu'on s'intéresse aux processus cognitifs impliqués dans l'utilisation et la conception d'outils informatiques, tels que les CD-Roms, les logiciels ou encore les sites Web, différentes techniques expérimentales peuvent être utilisées (par exemple, la mesure de la charge cognitive, l'analyse des parcours effectués sur l'interface, des mouvements oculaires, des verbalisations).

Selon les objectifs poursuivis par les chercheurs, l'utilisation de certaine(s) technique(s) plutôt que d'autres semble plus approprié. Les techniques les plus utilisées quant il s'agit d'étudier les processus cognitifs impliqués dans la conception et l'utilisation de documents électroniques ont été présentées au cours des précédents chapitres de la quatrième partie de cet ouvrage consacrée aux méthodes et techniques de recueil et d'analyses de données.

Dans le cadre de ce chapitre, nous présentons la technique des verbalisations appliquée à l'étude des processus cognitifs impliqués dans les activités de conception et d'utilisation de sites Web (activités de recherche d'informations, activités d'exploration libre ou de "butinage", par exemple).

Comme nous le présenterons dans ce chapitre, depuis plus de vingt-cinq ans, la technique des protocoles verbaux est abondamment utilisée pour étudier les processus et les connaissances engagées dans les activités cognitives et dans de nombreux domaines. Malgré certaines critiques émises envers cette technique d'analyse, nous verrons que les verbalisations associées à l'activité des sujets offrent la possibilité de détecter en temps réel de nombreux processus cognitifs engagés dans leurs activités.

Ce chapitre est composé de trois parties principales, qui s'articulent de la façon suivante.

Dans un premier temps, nous présentons les différents types de verbalisations. Plus précisément, nous verrons les intérêts et limites de trois types de verbalisations concomitantes à l'activité principale proposées par Ericsson et Simon (1993) :

- (a) Les verbalisations de niveau 1 qui constituent des vocalisations de l'articulation interne.
- (b) Les verbalisations de niveau 2 qui impliquent une activité cognitive de description.
- (c) Les verbalisations de niveau 3 qui impliquent une activité d'explication.

Nous verrons que les deux premiers types de verbalisations (niveau 1 et niveau 2) perturbent l'activité cognitive des sujets, ce qui n'est pas le cas des verbalisations de niveau 3.

Nous illustrons ensuite dans une deuxième partie nos propos par la description de méthodes d'analyse de verbalisations, en nous focalisant sur les verbalisations concomitantes à l'activité des concepteurs et des utilisateurs du Web. Plusieurs méthodes sont présentées et discutées en croisant des approches mettant l'accent sur l'activité des sujets (notamment des méthodes développées en Psychologie Ergonomique) et des méthodes permettant de confronter l'activité des sujets à une modélisation de la tâche (comme la satisfaction de contraintes ou le formalisme GOMS).

Ce chapitre se termine par des exemples d'analyses tirés du domaine de la conception et de l'utilisation de sites Web. Pour cela, nous présenterons les résultats de plusieurs études empiriques ayant utilisé les protocoles verbaux de niveau 3 pour recueillir des informations relatives aux processus cognitifs engagés dans des situations de conception de sites Web et des situations de navigation sur le Web.

Nous concluons ce chapitre par la proposition d'associations de la technique des verbalisations avec d'autres techniques, telles que celles de mesure de charge cognitive ou de capture du regard (avec les mouvements oculaires). Nous verrons que la mise en relation de plusieurs techniques permettrait d'obtenir des connaissances plus précises et de répondre à certaines hypothèses explicatives pouvant être suggérées à l'issue d'études utilisant les protocoles verbaux.