HAL
open science

Ergonomie cognitive, hypermédias et apprentissages

Aude Dufresne

To cite this version:

Aude Dufresne. Ergonomie cognitive, hypermédias et apprentissages. Premier colloque Hypermédias et Apprentissages, Sep 1991, Châtenay-Malabry, France. pp.121-130. edutice-00000785

HAL Id: edutice-00000785

https://edutice.hal.science/edutice-00000785v1

Submitted on 3 Mar 2005

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ERGONOMIE COGNITIVE, HYPERMÉDIAS ET APPRENTISSAGES

Aude Dufresne
Département des Sciences de la Communication
Université de Montréal
Case postale 6128, succ"A"
Montréal, Canada H3C 3J7

Les hypermédias permettent de développer rapidement des systèmes interactifs, en particulier dans le domaine de l'éducation. Ces systèmes permettent d'explorer de façon structurée des informations. Parallèlement s'est développé un nouveau champ d'étude, celui de l'ergonomie cognitive des systèmes informatiques. Ces deux domaines suggèrent diverses problématiques de recherches, quant à l'interdépendance entre les aspects de l'interface et l'apprentissage sur les hypermédias. Nous présenterons différentes problématiques sur les aspects de l'interface dans un contexte d'apprentissage et en particulier nous présenterons les résultats de l'évaluation cognitive de divers aspects d'un tutoriel hypertexte sur l'utilisation des fonctions de bases de données sur le chiffrier EXCEL.

1. Introduction

Les systèmes hypermédias offrent en général une structure interactive mais relativement statique par rapport aux environnements d'enseignement assisté de type simulation ou dialogue. En effet les éléments de texte et d'animation y sont relativement fixes, bien qu'accessibles de façon structurée. Le contrôle de l'interaction étant davantage laissé à l'apprenant, il convient de se demander de quelle façon on peut introduire des fonctions de support à l'apprentissage. Les recherches sur les interactions humain-ordinateur montrent que divers aspects de l'interface peuvent apporter du support à l'usager en situation d'apprentissage (Dufresne 88), d'abord de façon statique puis de façon dynamique. Diverses méthodes permettent de cerner l'impact de ces caractéristiques sur la navigation, les attitudes et l'apprentissage.

2. Aspects statiques de l'interface et apprentissage sur les hypermédias

L'ergonomie cognitive s'intéresse au problème d'organisation de la pensée face à une tâche, c'est-à-dire au problème de l'interface entre l'espace cognitif et l'espace de la tâche. Dans l'utilisation des systèmes informatiques, plus le fossé est large, plus il est difficile de transcrire ce que l'on pense dans le langage du système et plus il est difficile d'interpréter ce que le système fournit dans les termes de ce que l'on cherche (Coutaz 90 ; Norman 86). Cette problématique qui est au coeur des recherches sur les interactions humain-ordinateur, peut être associée au problème de l'apprentissage sur les hypermédias. En effet, une des principales critiques exprimée envers les systèmes en hypertexte est la désorientation de l'usager et la difficulté que celui-ci éprouve à explorer de façon cohérente cet espace complexe et à développer une image claire de son organisation. Quels sont les éléments de l'interface qui peuvent favoriser la transparence, en rapprochant l'espace des connaissances à apprendre de l'espace cognitif de l'usager ? Différents aspects ont fait l'objet de recherches systématiques dans un contexte d'apprentissage.

2.1. Structure de l'information

Le premier élément de l'interface est la structure arborescente, à ce niveau diverses recherches ont étudié les aspects ergonomiques de la composition des menus (CHI 86 à 91) en relation avec la charge cognitive et l'efficacité dans la recherche d'information. Ainsi les menus plus larges conduisent à moins d'erreurs, mais supposent un temps de traitement plus long ; un découpage orthogonal des rubriques, l'organisation verticale, le regroupement sémantique et l'utilisation de titres ou d'exemples dans les menus facilitent la sélection. Une icône ou l'emplacement d'un élément peut également servir de repère sur son contenu. Ainsi certaines organisations des menus peuvent être assimilées plus facilement par l'usager et favoriser l'orientation, la compréhension et éventuellement la rétention du contenu.

De plus, dans un contexte d'apprentissage, la structure des arborescences peut chercher à suivre l'organisation cognitive qui sera faite du contenu. Elle peut considérer non seulement la représentation finale à développer, mais les représentations intermédiaires par lesquelles cette élaboration se fait. Ainsi une structure hypertexte peut épouser une organisation de type "graphe génétique" (Goldstein 82), qui présente successivement l'information du plus simple au plus complexe en intercalant des situations conflictuelles pouvant favoriser les restructurations cognitives exigées. Il est important de souligner que la présentation des informations et des obstacles épistémologiques peut être organisée de façon à laisser l'usager relativement libre dans son exploration. Nous verrons dans les aspects dynamiques, que certaines fonctions intelligentes peuvent introduire une certain contrôle du système sur les informations rendues accessibles à l'usager et sur les fonctions d'aide.

2.2. Indices du contexte et de la progression

Dans l'utilisation des systèmes informatiques, la rétroaction est importante (Norman 86 ; Schneiderman 82) pour que l'usager puisse constater l'impact de ses actions et ajuster celles-ci à ses intentions. La désorientation ressentie dans les systèmes d'hypermédias est souvent liée à cette incapacité de l'usager qui passe d'une information à une autre, de se rappeler d'où il vient et ce qu'il cherchait à faire. Certains outils comme l'historique de parcours facilitent la visualisation et l'accès à ce qui vient d'être vu. Également, diverses indices peuvent rappeler le contexte de navigation (Nielsen 90) : item et sous-item choisis, nombre de pages vues ou à voir, performance dans l'apprentissage, performance attendue ou manifestée par d'autres. On peut aussi utiliser des "empreintes" qui sont des indices laissés pour montrer qu'une information a déjà été lue. Ces éléments du contexte n'ont pas toujours à être manifestés de façon explicite pour ne pas surcharger le processus de compréhension lui-même, ils peuvent être signifiés par des couleurs, des sons, etc. Ces éléments de rétroaction servent non seulement au plan cognitif à l'usager à organiser son interaction, ils servent également un rôle non négligeable au plan motivationnel (Mallone 84).

2.3. Indexation des informations

Il est souvent intéressant d'offrir plus d'un mode d'accès à l'information. Par exemple selon les cas, une forme d'accès plus qu'une autre peut favoriser l'organisation des représentations chez l'usager : carte, liste alphabétique, mots clés, menus à défilement emboîté, etc. Les diverses structures d'accès servent non seulement à accéder aux informations ; elles servent de points d'ancrage pour l'organisation des informations en mémoire ; elles servent de résumés, ce qui favorise la rétention. Enfin, le fait d'offrir plus d'une façon d'accéder à la même information (index ; exemples, exercices ou tests) peut favoriser l'acceptation du système tant par les novices que par les experts.

2.4. Complexité de la présentation

La complexité de l'interface peut influencer sa compréhension. Diverses mesures de complexité peuvent être utilisées, inspirées entre autres par les études sur la lisibilité et les textes d'instruction (Hartley 85) : nombre d'items de connaissances, proportion d'espaces vides, longueur des phrases, imbrication des propositions, nombre de mots rares, cohérence et consistance, caractère personnalisé des informations, etc.

3. Aspects dynamiques de l'interface et apprentissage sur les hypermédias

Au-delà des aspects statiques qui sont une extension des contraintes textuelles, les aspects dynamiques de l'interface touchent à la gestion de l'interaction par le système. Ainsi, même à l'intérieur d'une structure statique d'information, la navigation de l'usager peut être contrôlée par le système. Ceci apparaît particulièrement important si l'usager est libre d'explorer des notions complexes et de tester ses compétences ; en effet, il peut alors plus facilement se perdre ou être bloqué. L'environnement hypertexte peut ainsi se situer à la frontière entre les environnements d'explorations et les environnements tutoriels, ce qui ouvre la voie à diverses problématiques de recherche que nous examinerons.

3.1. Récupération dynamique du contrôle par le système

D'abord l'accès aux informations peut être limité de façon dynamique, en fonction de ce qui a déjà été vu et réussi par l'apprenant. Ensuite, un certain nombre de messages d'aide ou de correction peuvent être fournis par le système. Il est important que s'harmonisent bien la zone de contrôle laissé à l'usager et celle récupérée par le système. Les différentes interventions tutorielles doivent donc être négociées, évidentes ou complètement camouflées, pour ne pas nuire à la cohérence et aux processus cognitifs de l'apprenant. Par exemple, un item qui apparaîtrait dans un menu serait une source de confusion pour l'usager ; il est préférable de le montrer, tout en signifiant qu'il est pour le moment inaccessible. De la même façon, l'usager doit être averti, lorsque le système prend le contrôle et l'amène à des informations complémentaires ; éventuellement il doit être laissé libre de les consulter. Selon le type d'apprentissage, le contrôle du système peut se fonder sur une représentation plus ou moins riche de la tâche et de l'apprenant.

3.2. Modèle de la tâche

Le modèle de la tâche doit idéalement être implicitement inscrit dans l'organisation du contenu, en respectant la hiérarchie des pré-requis, les séquences. Il peut aussi être explicitement augmenté d'un modèle virtuel représentant un niveau supérieur d'abstraction (structure de thèmes, structure liée aux stratégies pédagogiques) ou liant les informations accessibles à des évaluations de la performance (informations indexées en fonction des erreurs auxquelles elles peuvent répondre, informations que l'on peut présumer connues en fonction des réussites).

Ces éléments du modèle de la tâche servent à supporter le contrôle du système, mais aussi à modifier les indices de progression dans un contexte de flexibilité d'accès. En effet, une information peut être utile dans différents contextes, mais elle doit alors être présentée de façon cohérente, afin de favoriser la construction du modèle mental de l'usager. Ainsi les indices de progression doivent tenir compte de l'ensemble des

chemins et des étapes possibles, c'est-à-dire signifier quels aspects ont été vus (même indirectement) peu importe par quel chemin. Comme nous le verrons, les informations sur le modèle de la tâche peuvent être échangées de façon générique et dynamique, en utilisant les propriétés d'objet des environnements hypertexte.

3.3. Modèle de l'usager

Le modèle de l'usager correspond aux connaissances consultées et/ou manifestées dans les tests par l'usager. Là encore il est construit de façon dynamique et distribuée par le système, c'est-à-dire que chaque item d'information garde une trace des consultations et des réponses de l'usager. En effet, il est important d'avoir un modèle de l'usager qui comporte non seulement une dimension à court terme, mais aussi une dimension à plus long terme, par exemple pour reconnaître un type d'erreur qui se répète ou un niveau de compétence.

4. Exemple: Expérimentation de structures d'interaction et styles cognitifs

Nous avons expérimenté l'interface d'un environnement hypertexte pour l'apprentissage des bases de données (Dufresne 90). Les principaux aspects étudiés portaient sur la cohérence graphique (Leblanc 91), l'influence du transfert de connaissances (Ouellette 91), le contrôle de l'accès aux informations et l'influence du style cognitif de "dépendance de champ" (Turcotte 91). En effet, la dépendance de champ (Witkin 77) mesure la capacité qu'ont les sujets à faire abstraction du contexte pour poursuivre un but. Ce trait de personnalité est mesuré par la capacité de distinguer une figure simple dans une figure complexe. Les dépendants ont plus de difficulté à ce test, car ils voient la réalité de façon plus globale, alors que les indépendants percoivent de façon plus analytique et articulée. La dépendance de champ semble particulièrement pertinente dans un environnement hypertexte, où il est difficile de s'orienter et de se construire une image globale du contenu. De plus, les conditions favorisant l'apprentissage semblent différentes selon le degré de dépendance de champ de l'apprenant.

4.1. Méthodologie utilisée

Cinquante-cinq sujets ont participé à l'expérimentation du système.

Afin d'évaluer le aspects ergonomiques de l'interface dans un contexte d'apprentissage diverses mesures ont été utilisées.

Des mesures subjectives sur les attitudes ont permis d'évaluer la satisfaction générale, la facilité à comprendre ou à s'orienter.

Des mesures de performance ont été prises pour mesurer l'efficacité de l'interface pour favoriser l'apprentissage : temps d'apprentissage, temps pour compléter un

test, nombre d'erreurs, tests de transfert des connaissances (mise en situation réelle et apprentissage de tâches connexes).

Enfin, l'analyse des traces d'interaction a permis d'explorer les relations entre certains aspects de l'interface, de la navigation et de l'apprentissage. L'analyse des traces d'interaction a l'avantage de fournir des données très détaillées sur les réactions de l'utilisateur et du système. Elle met en relief certains problèmes et suggère souvent certains ajustements locaux, mais elle permet aussi d'étudier de façon plus générale les aspects de l'interface. Le nombre et le temps de consultation des différents éléments présentés, le nombre de relectures, l'ordre de consultation, le nombre d'essais, le type d'erreurs sont autant d'indices sur les dimensions cognitives de l'interaction.

La combinaison des analyses de traces avec les données objectives et subjectives permet d'enrichir les connaissances sur l'interaction entre interface, compréhension et apprentissage dans les hypermédias.

4.2. Influence de la cohérence graphique

L'analyse des traces d'une pré-expérimentation (18 sujets) ayant montré que certaines pages étaient moins consultées, parce que les outils de navigation pour y accéder étaient moins évidents que les autres, nous avons cherché à uniformiser l'interface : aligner à la verticale les boutons correspondant à une exploration hiérarchique, aligner à l'horizontale, ceux correspondant à des explications supplémentaires sur un même contenu. Nous avons donc regroupé les boutons et distingué plus clairement les zones d'information et les zones d'outils de navigation .

Un autre aspect de la cohérence, qui faisait problème, est lié à l'interprétation sémantique des outils de navigation. Ainsi, les indicateurs de progression (empreintes) ont été modifiés pour représenter de façon cohérente, non pas les chemins parcourus, mais les contenus consultés. Dans la première version, les boutons choisis restaient noirs, afin de laisser des "empreintes", pour que l'usager puisse savoir où il en était dans sa navigation. Cependant un même contenu pouvant être visité par plusieurs chemins (à partir de l'index, comme aide à partir des tests) ce dont l'interface ne rendait pas compte. Dans la nouvelle version, dès qu'un contenu était vu, ceci est signifié par un noircissement des loupes sur tous les chemins qui y mènent.

L'examen des traces a également permis de vérifier que l'usager entrait souvent dans une branche sans l'explorer entièrement et sans y retourner par la suite, le bouton noirci étant alors associé avec un contenu vu. On a donc ajouté aux empreintes un état intermédiaire gris pour les contenus qui ne sont que partiellement visités.

Ces aspects intelligents de l'interface ont été programmés de façon distribuée en utilisant les propriétés "objet" du langage hypertalk. D'abord le modèle de la tâche est construit lorsque la pile est ouverte, en fonction de l'organisation qui prévaut dans les pages. Il consiste à décrire tous les points d'accès à une information. À l'aide de cette

représentation, boutons et pages consultées envoient des messages qui remontent dans l'arbre de la hiérarchie des contenus en suivant le modèle de la tâche (Cf. Figure 1).

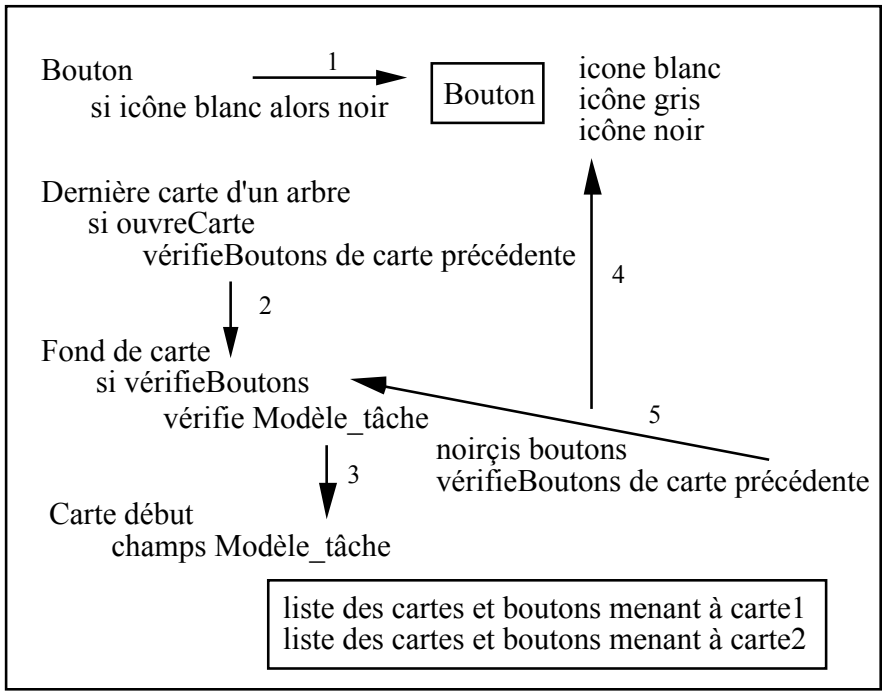

Figure 1 : Modèle dynamique de la mise à jour des empreintes

L'analyse montre que ces changements ont amélioré significativement la proportion des pages explorées. En effet, il y a significativement plus de pages vues au moins une fois ($p<=.01$) et plus de pages revisitées ($p<=.01$). La majorité des pages d'explications sont visitées (moyenne de 20.8 sur 23), contrairement à la pré-expérimentation, où environ 50% du contenu était visité seulement.

4.3. Influence du contrôle de l'accès aux informations et du style cognitif

Afin de favoriser un apprentissage actif et adapté, nous avons fourni une structure ouverte d'accès aux informations. L'accès aux explications était structurée autour de la structure de buts offrant divers formats d'apprentissage, correspondant à différents niveaux de support ou d'initiative à l'usager. Celui-ci pouvait en effet explorer : des explications, des exemples, des exercices et des tests.

Nous avons cependant cherché à explorer de quelle façon un contrôle du système sur l'exploration pouvait être introduit pour favoriser l'apprentissage. En effet, la dichotomie environnement structuré vs exploratoire est centrale dans le domaine des environnements d'apprentissage. Entre autres, dans l'étude des manuels d'instructions en informatique, Black et al. (Black 87) ont montré que différentes structures d'interaction favorisent chacune certains aspects de l'apprentissage : une présentation squelet-

tique et la répétition des informations favorisent l'apprentissage des connaissances déclaratives, alors qu'une présentation qui favorise les inférences est essentielle pour l'apprentissage des séquences. D'autre part, certaines limites à l'exploration pourraient aider à diminuer la désorientation de l'usager dans les systèmes hypertextes.

Nous avons donc cherché à expérimenter deux structures d'interaction, l'une "linéaire" où le système conserve une partie du contrôle quant à l'accès aux informations, l'autre "non-linéaire", où l'usager est laissé entièrement libre. Les deux versions sont identiques, mais dans la version linéaire, le système ne donne accès à l'item suivant d'un menu que si la loupe précédente est noire, c'est-à-dire que l'usager a exploré toutes les pages d'explications du point précédent (mais pas nécessairement les exemples, exercices et tests). De plus, nous avons cherché à évaluer le rôle que pouvait jouer le style cognitif de l'usager et son expérience de l'ordinateur dans ses réactions aux divers formats d'apprentissage et aux deux modes de contrôle.

Au niveau de la navigation, les dépendants semblent passer plus de temps en moyenne dans chaque page d'explication que les indépendants. Ils passent dans les exercices plus de temps en moyenne et plus de temps par rapport aux autres pages. Ils semblent privilégier un mode d'apprentissage, où ils sont davantage guidés dans leurs actions (toutes les étapes sont décrites dans les explications et les exercices, comparativement aux exemples et aux tests). Ils passent plus de temps par page en général dans la version non-linéaire, ce qui laisse supposer qu'ils ont alors plus de difficulté à assimiler le contenu. Le temps global de consultation n'est pas différent entre les groupes, les indépendants passant plus souvent d'une page à l'autre durant cette période. La version non-linéaire semble entraîner une plus grande désorientation car les sujets y font plus souvent appel à l'index.

Au niveau des tests de performance, il faut souligner que la longueur de l'expérimentation limitait la possibilité de prolonger l'évaluation des apprentissages. Ainsi, il n'y a pas de différence dans le nombre de tests réussis (ceux-ci étant semblables à ceux du manuel, la performance est de façon générale assez bonne, ce qui diminue la variance et la possibilité de déceler une variation liée aux conditions expérimentales). Cependant, les dépendants prennent significativement plus de temps s'ils ont utilisé la version non-linéaire, ce qui confirme l'hypothèse qu'un environnement moins structuré nécessite une plus grande indépendance de champ. Au niveau de la proportion de messages positifs et négatifs dans le manuel, les indépendants ont proportionnellement plus de messages positifs dans les tests et en général dans la version linéaire. Il faut noter que le nombre de messages positifs est corrélé positivement avec le temps passé dans les explications ($r = .385$, $p <= .01$). Lors d'un test d'application pratique, il y a eu plus d'abandons des sujets dépendants de champ ayant utilisé la version non-linéaire et bien que non-significatifs les résultats de ceux-ci semblent plus faibles que les autres.

Le tableau suivant donne les résultats de l'analyse de variance pour la comparaison des styles cognitifs et du type de version (linéaire ou non linéaire) pour la navigation, la performance et les attitudes.

Résultats de l'analyse de variance pour la comparaison des styles cognitifs et du type de version (linéaire ou non linéaire)

version : lin : linéaire non-lin. : non linéaire.
style : dép : dépendant du contexte indép : indépendant du contexte.
** : p<=.05, * : p<=.01

		Style	Version	Style/Version
Navigation	Interprétation	p	p	p
-Temps moyen par page	dép.> indép (non-lin.) **	.0055	.0853	.0199 *
-Temps moyen explications	dép>indép	.0007 **	.6455	.078
-Visites explications	indép>dép	.0465 *	.2056	.0763
-Récurrences explications	indép>dép	.05 *	.2056	.08
-Temps moyen exercices	dép>indép (non lin)**	.0666	.0432	.0062**
-Temps exerc. / temps global	dép>indép (non-lin) *	.7495	.059	.0232*
-Temps moyen dans index	non-lin>lin	.1804	.0035**	.3261
Performance				
-Temps dans l'examen	dép>indép ** (non lin)	.2723	.0025	.0267*
-Répartition des messages[1]	indép>dép mess pos (lin).	.0058	.9486	.0596*
-Répart. des messages (tests)	indép>dép mess pos.	.0118*	.3143	.1629
Attitudes				
-Facilité d'orientation	linéaire>non lin	.3077	.0361	.1169
-Satisfaction générale	linéaire>non lin.	.837	.057*	.135

5. Discussion et conclusion

L'analyse ergonomique a fait ressortir divers éléments de l'interface qui influencent la consultation, la performance et la satisfaction. Tout d'abord l'analyse des traces est très utile pour faire ressortir les zones grises dans l'utilisation du système : contenus entraînant des erreurs et aspects de l'interface liés aux contenus moins consultés. En ajustant ces éléments en particulier en assurant une meilleure cohérence graphique, on a pu maximiser l'utilisation du système. Il est intéressant de constater que l'usager qui se construit un modèle mental du contenu recherche surtout une cohérence cognitive au niveau des aides à la navigation. À ce niveau l'interface doit faire preuve

[1] positifs vs négatifs dans les exercices et les tests

d'intelligence et manifester de façon intégrée la progression de celui-ci dans le contenu. Le modèle de la tâche est ici identique au réseau du contenu, cependant il pourrait s'en éloigner, ainsi deux contenus différents pourraient être jugés équivalents et donner lieu aux mêmes indices de progression (ex : réussir un test = réussir un exercice).

Il apparaissait comme un défi d'enseigner une tâche complexe et abstraite comme les procédures sur base de données dans un environnement hypertexte. Il semble que pour ce type de tâche, il n'est pas avantageux de laisser l'usager trop libre dans ses explorations, ceci semble créer plus de désorientation (attitudes, consultation de l'index). La prise de décision accrue, que suppose un environnement exploratoire, provoque sans doute une surcharge cognitive. Enfin, il semble que de contraindre le sujet à explorer plus systématiquement le contenu dans la version linéaire n'a pas modifié le temps passé et le nombre pages visitées. Si on compare à la pré-expérimentation, une rétroaction plus riche, utilisant des indices graduées de progression, semble avoir été suffisante pour motiver l'usager à compléter son exploration.

Enfin l'influence sur la navigation du style cognitif de dépendance de champ est intéressante, car elle met en lumière la difficulté générale à abstraire une représentation complexe d'une suite dispersée de contextes ; l'étude permet ainsi d'étudier les stratégies employées par les individus plus et moins dépendants. Il semble que la désorientation dans un système hypertexte entraîne une performance moindre chez les sujets qui ont plus de difficultés à faire abstraction du contexte et sans doute à se construire un modèle mental suffisamment complexe de la tâche à exécuter. De façon générale, ceux qui réussissent le mieux sont les indépendants dans un environnement linéaire. La capacité de s'abstraire du contexte pour poursuivre un but semble liée à une exploration plus rapide, où l'usager visite et revisite plusieurs fois les pages brièvement, afin de bien intégrer les éléments entre eux. Ceci amène une meilleure performance dans les tests (temps et messages positifs).

À l'opposé, la difficulté à effectuer une synthèse semble pousser les dépendants à privilégier un apprentissage davantage guidé (explications et exercices). Leur stratégie semble partiellement efficace puisque la consultation des explications est associée à une meilleure performance aux tests, mais elle ne réussit pas à compenser la difficulté qu'ils éprouvent à développer un modèle mental complexe de la tâche et ils réussissent moins bien au niveau du temps à passer l'examen. Les exercices sont sans doute pour eux une façon rapide d'explorer le contenu, mais la matière est alors moins bien intégrée.

Références

(Black 87) J. B. Black & J. M. Carroll : *What kind of Minimal Instruction Manual is the Most Effective*, CHI+GI, 1987, pp. 159-162.

(CHI 86 à 91) CHI : *Proceeding of the conferenc*e *on* C*omputer Human Interface*, ACM Press, Addison Wesley, New-York, N.J., 1986.

(Coutaz 90) J. Coutaz : *Interfaces homme-ordinateur : Conception et réalisation* . Paris. Bordas, 1990.

(Dufresne 88) A. Dufresne : Aspects intelligents des interfaces de communication et utilisation en éducation. In Sogides (Ed.), *Education, Apprentissage et Ordinateur* Montréal, 1988

(Dufresne 90) A. Dufresne, N. Jolin & A. Senteni (1990). Hypertext documents for the learning of procedures. In R. M. Aleese, & C.Green(Ed.), *Hypertext : State of the Art* (pp. 96-104). New York. Ablex.

(Goldstein 82) I. P. Goldstein : The genetic graph: a representation for the evolution of procedural knowledge. In D. Sleeman, & J. S. Brown (Ed.), *Intelligent Tutoring Systems* (pp. 51-78). New York : Academic Press, 1982.

(Hartley 85) J. Hartley : *Designing instructional text*. London: Kogan Page, 1985V.

(Leblanc 91) Leblanc : *Influence de l'organisation graphique et des indices de progression sur la navigation dans un environnement hypertexte*. Mémoire de maîtrise. Université de Montréal, 1991

(Mallone 84) T. W. Mallone : Designing Enjoyable User Interface: Lessons from Computer Games. In J. C. Thomas & M. L. Schneider (Ed.), *Human Factors in Computer Systems* Norwood, N.J.: Ablex, 1984.

(Nielsen 90) J. Nielsen : The art of Navigating through Hypertext. *Communications of the ACM*, 33(3), 1990, pp. 296-310.

(Norman 86) D. A. Norman : Cognitive Engineering. In D. A. Norman, & S. Draper (Ed.), *User Centered System Design : New Perspectives on Human-Computer Interaction* (pp. 31-62). Hillsdale, N.J. : Erlbaum, 1986.

(Ouellette 91) C. Ouellette : *Le transfert des connaissances dans un apprentissage informatisé*. Mémoire de maîtrise. Université de Montréal, 1991

(Schneiderman 82) B. Schneiderman : The future of interactive systemes and the emergence of direct manipulation. *Behavior and Information Technology*, 1(3), 1982, pp. 237-256.

(Turcotte 91) S. Turcotte : *L'influence du style cognitif et de la linéarité du système sur la consultation et la satisfaction d'un tutoriel hypertexte.* Mémoire de maîtrise. Université de Montréal, 1991.

(Witkin 77) H. A. Witkin, C. A. Moore, D. R. Goodenough & P. W. Cox : Field-Dependent and Field-Independent Cognitive Styles and Their Educational Implications. *Review of Educational Research,* 47(1), 1977, pp. 1-64.