Document generated on 04/17/2024 7:20 p.m.

Revue des sciences de l'éducation

Interactivité et compatibilité cognitive dans les systèmes hypermédias

Jean-François Rouet

Volume 25, Number 1, 1999

L'interactivité au service de l'apprentissage

URI: https://id.erudit.org/iderudit/031994ar
DOI: https://doi.org/10.7202/031994ar

See table of contents

Publisher(s)

Revue des sciences de l'éducation

ISSN

0318-479X (print)
1705-0065 (digital)

Explore this journal

Cite this article

Rouet, J.-F. (1999). Interactivité et compatibilité cognitive dans les systèmes hypermédias. *Revue des sciences de l'éducation*, *25*(1), 61–85. https://doi.org/10.7202/031994ar

Article abstract

The aim of this article is to demonstrate that the efficacy of hypermedia systems as learning tools depends on their compatibility with processes and cognitive representations of users. Firstly, the author defines cognitive compatibility with the general frame of subject computer interaction. This concept is then clarified using the specific case of reading comprehension of hypermedia documents. Based on research on the psychology of comprehension, three cognitive compatibility factors are identified: the global rhetorical structure of the hyperdocument, the internal coherence, and multimodel integration. The author concludes that the conceptualization of hypertext for purposes of learning should be based systematically, but not exclusively, on cognitive models involved in processing complex information.

Tous droits réservés © Revue des sciences de l'éducation, 1999

This document is protected by copyright law. Use of the services of Érudit (including reproduction) is subject to its terms and conditions, which can be viewed online.

https://apropos.erudit.org/en/users/policy-on-use/

This article is disseminated and preserved by Érudit.

Érudit is a non-profit inter-university consortium of the Université de Montréal, Université Laval, and the Université du Québec à Montréal. Its mission is to promote and disseminate research.

https://www.erudit.org/en/

Revue des sciences de l'éducation, Vol. XXV, n° 1, 1999, p. 87 à 104

Interactivité et compatibilité cognitive dans les systèmes hypermédias

Jean-François Rouet
Chargé de recherche
CNRS, Université de Poitiers

Résumé – Le but de cet article est de montrer que l'efficacité des systèmes hypermédias comme outils d'apprentissage dépend de leur compatibilité avec les processus et les représentations cognitives des utilisateurs. Dans un premier temps, la compatibilité cognitive est définie dans le cadre général de l'interaction sujet-ordinateur. Puis cette notion est précisée dans le cas particulier de la lecture-compréhension des documents hypermédias. À partir des recherches psychologiques sur la compréhension, trois facteurs de compatibilité cognitive sont identifiés: la structure rhétorique globale de l'hyperdocument, la cohérence interne et l'intégration multimodale. On en conclut que la conception d'hyperdocuments pour l'apprentissage doit s'inspirer systématiquement, mais non exclusivement, des modèles cognitifs du traitement de l'information complexe.

Introduction

À mesure que les technologies de l'information et de la communication (TIC) se répandent, il devient clair que leur usage ne va pas sans poser quelques problèmes d'ordre cognitif aux utilisateurs. La conception de systèmes d'informations réellement efficaces ne peut donc faire l'économie d'un modèle cognitif de l'utilisateur, et ce, à toutes les étapes du processus de conception. Si les sciences humaines n'apportent pas encore de solutions «clés en mains» aux problèmes de conception, certains travaux sont venus récemment préciser la nature des difficultés d'utilisation constatées et leur apporter un début d'interprétation dans le cadre des théories psychologiques de la compréhension (Dillon, 1994; Rouet, Levonen, Dillon et Spiro, 1996). Pour que le couple utilisateur-système fonctionne correctement, il faut qu'il y ait une bonne compatibilité entre les formats de représentation de l'information et les modes de traitement (sélection, organisation) utilisés.

La contrainte de compatibilité est particulièrement forte dans le cas des systèmes hypermédias. On sait qu'un hypermédia se compose de pages d'informations hétérogènes (textes, images fixes ou animées, sons et autres types d'informations) reliées entre elles à la façon d'un réseau. Les liens entre les pages sont matérialisés par des icones ou des expressions verbales dont la sélection entraîne la présentation de la page reliée[1]. L'utilisateur de l'hypermédia possède donc une certaine liberté dans l'autoorganisation des pages d'informations qu'il souhaite consulter (séquençage). Toutefois, comme le rappelle Dillon (1996), cette liberté n'est que relative et elle reste étroitement dépendante des possibilités de navigation prévues par le concepteur de l'hypermédia.

Parce que beaucoup d'activités d'apprentissage nécessitent la recherche, la compréhension et l'utilisation d'informations documentaires par l'élève, nombre d'auteurs accordent aux systèmes hypermédias un potentiel considérable dans ce domaine (Jonassen et Mandl, 1990). Tout d'abord, les hypermédias se substituent à une recherche manuelle de documents dans un environnement physique parfois complexe et difficile d'accès. Ensuite, ces systèmes matérialisent des relations sémantiques entre les documents individuels; ces relations sont souvent implicites mais elles font généralement partie des connaissances à acquérir. Ce faisant, ils associent des informations de différents types, permettant les recoupements et les changements de perspective (Spiro, Feltovitch, Jacobson et Coulson, 1991). Enfin, au moyen d'outils de navigation flexibles et intuitifs, ils permettent en principe à chaque apprenant de consulter les informations utiles dans le contexte de la tâche d'apprentissage, en évitant celles qui le sont moins (de Vries et de Jong, sous presse).

Toutefois, en dépit de ces qualités supposées, les expériences qui comparent des hypermédias à d'autres systèmes d'informations ont des résultats très divergents; peu d'études sont parvenues à démontrer un avantage des systèmes hypermédias pour des tâches d'apprentissage (Nielsen, 1995). Dans l'état actuel des recherches, on peut affirmer que les hypermédias rééditent un phénomène souvent observé à propos des technologies éducatives. Il ne suffit pas que la technologie offre des possibilités nouvelles et intéressantes, encore faut-il que ces possibilités soient pertinentes par rapport aux besoins des usagers. Force est de constater que, présentement, plusieurs hypermédias ne remplissent pas cette seconde condition.

Un moyen de progresser vers la réalisation de systèmes hypermédias plus efficaces consiste à s'interroger sur les processus cognitifs en jeu dans la lecture-compréhension des documents traditionnels, pour ensuite mettre en question la compatibilité des hypermédias avec ces processus. La première partie de cet article porte sur la notion de «compatibilité cognitive» telle qu'elle a été proposée dans le contexte général de l'interaction utilisateur-ordinateur. La deuxième partie passe

en revue quelques facteurs de compatibilité des documents traditionnels, mis en évidence grâce aux recherches de psychologie cognitive: cohérence locale et globale et intégration texte-image . Pour chaque facteur étudié suit, en troisième partie, une transposition de leurs effets dans les systèmes hypermédias.

La compatibilité cognitive dans l'interaction utilisateur-ordinateur

L'idée selon laquelle les systèmes interactifs doivent être conçus en fonction des utilisateurs n'est pas en elle-même vraiment récente (Bush, 1945). Cependant, entre cette idée et sa mise en œuvre effective, il y a un fossé que les méthodes de conception dites «centrées-utilisateur» n'ont pas toujours réussi à combler (Norman et Draper, 1986). C'est que les sciences cognitives et l'ergonomie en particulier ne proposaient jusqu'à une date récente que des modèles généraux (peu prescriptifs) ou ne concernant que des aspects relativement superficiels de l'interaction (Bastien et Scapin, 1993; Card, Moran et Newell, 1983). Si ces modèles ont permis l'émergence d'une ergonomie «curative» tout à fait bénéfique, ils n'apportent qu'une aide limitée pour la conception de systèmes adaptés à certaines tâches ou certains utilisateurs. Pour progresser dans cette direction, il faudrait disposer de modèles cognitifs à la fois généraux et opérationnels, ce qui n'est encore à l'heure actuelle que très rare, surtout dans le domaine des systèmes d'informations complexes (Tricot, 1995).

L'un des premiers auteurs à proposer une avancée concrète dans ce sens est Streitz (1987) qui utilise l'expression de «compatibilité cognitive» pour caractériser l'adaptation d'un système informatique aux tâches, aux besoins et aux caractéristiques de l'utilisateur. Streitz considère que toute activité pour laquelle un individu doit interagir avec un système informatique est assimilable à une forme de résolution de problèmes. Or, les travaux de psychologie cognitive ont montré que la résolution d'un problème est conditionnée par la représentation que le sujet se construit de l'espace-problème, c'est-à-dire des concepts, paramètres et opérations impliqués dans la résolution de ce problème (voir Richard, 1990). Selon Streitz, pour qu'une application informatique soit adaptée aux besoins des utilisateurs, il faut qu'il y ait compatibilité entre les représentations du problème (ou, plus généralement, de l'activité) chez le concepteur, dans le système et chez l'utilisateur. Cette compatibilité est soumise à deux conditions. D'une part, avant même la conception du système, il doit y avoir une correspondance entre les représentations de l'activité chez le concepteur et chez le futur utilisateur. Plus concrètement, le concepteur doit faire la différence entre sa représentation de la tâche et celle que construira l'utilisateur-type du futur système. Une bonne connaissance de cette dernière est essentielle pour définir et organiser les fonctionnalités du système. Elle requiert toutefois un examen attentif des caractéristiques de l'utilisateur (sa «façon de

penser») au moment même de la conception du système. D'autre part, au moment de l'utilisation du système, l'utilisateur doit pouvoir se construire une représentation exacte de la façon dont le système fonctionne. Les fonctionnalités du système doivent donc être «visibles» au niveau de l'interface-utilisateur.

Selon Streitz, on peut parler de «compatibilité cognitive» si ces conditions sont réunies. Elles devraient au moins être prises en compte dans toute démarche de conception de nouveaux logiciels interactifs. Streitz et son équipe ont eux-mêmes mis en application ce principe lors de la conception d'un logiciel d'écriture coopérative (SEPIA; voir Streitz, Hanneman et Thüring, 1989). Leur système, fondé sur des modèles cognitifs de la production écrite, est structuré en «espaces d'activités» (espaces de planification, de contenus, d'argumentation, et espace rhétorique ou de mise en forme) qui correspondent par hypothèse à l'organisation générale des activités de production écrite. Cette approche, qui part d'un modèle cognitif de l'activité pour en dériver l'architecture du logiciel, illustre, selon les auteurs, la recherche d'une compatibilité cognitive maximale. Il faut toutefois remarquer que, dans ce projet tout au moins, les auteurs se sont privés d'une étape indispensable, celle de l'évaluation empirique des qualités de leur système, évaluation qui seule pourrait apporter une preuve tangible de la validité de cette démarche[2]. Il n'en reste pas moins que le travail de Streitz et de ses collaborateurs est l'un des tout premiers à avoir incarné un modèle cognitif dans l'architecture d'un système d'information.

Facteurs de compatibilité cognitive dans les systèmes hypermédias

Comment assurer la compatibilité cognitive dans les systèmes hypermédias? Si l'on s'inspire de la méthode de Streitz et de ses collaborateurs, il faut partir d'un modèle de l'activité cognitive de l'utilisateur, c'est-à-dire connaître le type de problème que l'utilisateur cherchera à résoudre à l'aide du système et les processus cognitifs qui seront mis en œuvre à cette occasion. Or, par définition, les systèmes hypermédias sont avant tout destinés à la présentation de textes, d'images, et d'autres types de documents. L'utilisateur d'un hypermédia cherche donc essentiellement à obtenir de l'information documentaire (au sens large). Si l'on fait provisoirement abstraction des buts spécifiques poursuivis (par exemple, rechercher une information ponctuelle ou au contraire explorer un vaste champ de connaissances), on peut assimiler l'utilisation d'un hypermédia à une activité de lecture-compréhension de documents complexes. L'examen des processus psychologiques qui permettent la compréhension d'un texte ou d'un complexe texte-image devrait permettre de dégager des facteurs généraux susceptibles d'influencer la «lisibilité» des systèmes hypermédias.

Dans le domaine de la compréhension des textes, le modèle sans aucun doute le plus influent de ces vingt dernières années est celui proposé par Kintsch et van Dijk (Kintsch, 1988; Kintsch et van Dijk, 1978; van Dijk et Kintsch, 1983). Selon ce modèle, comprendre un texte, c'est construire une représentation de la situation évoquée par ce texte. Cette construction n'est pas directe, elle passe par plusieurs niveaux intermédiaires correspondant aux informations littérales du texte, dont les traits linguistiques et le nombre de propositions sémantiques. Les nombreux travaux inspirés de ce modèle (voir Britton et Graesser, 1996) ont mis à jour deux grands facteurs liés à l'organisation du texte et qui influencent notablement la compréhension: il s'agit de l'organisation rhétorique globale (séquences et schémas rhétoriques), et de la cohérence interne du texte (coréférence et cohérence temporocausale, notamment). À ces deux facteurs, il faut ajouter le problème de l'intégration texte-image, problème crucial dans le cas des systèmes multimédias (Gyselinck, 1996).

Le rôle de la structure rhétorique globale

Mis à part, peut-être, dans certaines expériences littéraires, les textes ne se réduisent pas à des suites quelconques de phrases. Ils possèdent généralement une structure interne très précise, même si elle est variable d'un genre de discours à l'autre. Ainsi, un récit est structuré d'une façon différente d'une explication scientifique, d'un discours argumentatif ou d'une recette de cuisine (Fayol, 1991). La plupart des textes naturels n'appartiennent cependant pas exclusivement à l'un ou l'autre de ces «genres». Ils se composent généralement de séquences de différents types (Adam et Petitjean, 1989; Meyer, 1985). Reconnaître le type de séquence textuelle et percevoir les changements qui interviennent au sein d'un texte constituent des étapes essentielles de la compréhension. Pour cela, la plupart des lecteurs adultes possèdent des connaissances relatives aux schémas rhétoriques conventionnels et c'est, entre autres, l'activation de ces connaissances qui permet la compréhension.

L'importance des schémas rhétoriques pour la compréhension a été mise en évidence dans une expérience de Kintsch et Yarbrough (1982). Ces auteurs ont demandé à des étudiants d'université de lire de courts textes rédigés soit en fonction d'un schéma typique (liste, comparaison, etc.), soit de façon atypique, mais présentant exactement les mêmes informations dans les deux cas. Les deux versions donnaient des résultats équivalents sur le plan de la compréhension littérale, mais les étudiants ayant lu la version atypique avaient plus de difficulté à répondre à des questions relatives aux concepts présentés dans le texte. Une autre expérience réalisée par Dillon (1991), cette fois avec des lecteurs et des textes hautement spécialisés, aboutit aux mêmes conclusions: pour comprendre,

le lecteur «moyen» s'appuie sur sa connaissance de structures textuelles standardisées ou culturellement partagées (Anderson et Pearson, 1984).

La reconnaissance d'une structure textuelle particulière peut être facilitée par la présence de marqueurs rhétoriques tels que les titres, les intertitres, les énoncés introductifs, les signaux typographiques ou dispositionnels, etc. Ces marqueurs sont présents dans la quasi-totalité des textes, quel que soit le genre ou le type de lecteur auquel ils sont destinés. Dans le cas de textes longs (articles, voire ouvrages entiers), d'autres dispositifs sont utilisés: table des matières, index, etc. L'expérience commune montre que ces dispositifs sont essentiels à la compréhension du texte, et ce phénomène est attesté dans de nombreuses expériences psychologiques (Mayer, 1984).

Qu'en est-il maintenant des schémas rhétoriques dans les hypermédias? L'offre commerciale actuelle montre que la plupart des auteurs ont avant tout cherché à se démarquer des formats de présentation classiques. Ainsi, de nombreux produits hypermédias, surtout ceux sur cédérom, sont proposés sans index, thesaurus et encore moins de table des matières. De même, les concepteurs d'hypermédias bannissent l'emploi des numéros de pages, ce qui rend très difficile non seulement l'orientation du lecteur, mais encore certaines opérations indispensables à l'exploitation «sérieuse» de ces produits, telle que, par exemple, la citation de pages hypermédias. Certes, ces techniques familières de repérage sont parfois remplacées par des instruments nouveaux (iconographie, organisation typodispositionnelle, édition de liens), mais la signification de ces instruments n'est souvent intelligible que pour leurs concepteurs.

Cette négligence à l'égard des schémas et des marqueurs rhétoriques classiques est, semble-t-il, liée à l'idée, un temps répandue, selon laquelle l'organisation «linéaire» des textes imprimés classiques constitue un «carcan» pour le lecteur, que les hypermédias seraient venus libérer à grands coups de déstructuration. De tels mythes persistent, bien qu'ils aient été clairement invalidés grâce notamment aux arguments des psychologues et des ergonomes (Charney, 1994; Dillon, 1996). Des expérimentations portant précisément sur le rôle des outils de structuration sont venues confirmer les arguments théoriques. Ainsi, Dee-Lucas et Larkin (1995) ont montré qu'une table des matières structurée améliore significativement la mémorisation du contenu d'un document électronique, dans une tâche de lecture-compréhension classique. Britt, Rouet, et Perfetti (1996) ont également étudié le rôle de l'organisation superstructurale dans un hypertexte destiné à la présentation de documents historiques. L'hypertexte contenait une table des matières, une carte montrant les liens entre les documents et une série de documents organisés de façon soit séquentielle, soit en réseau, par l'intermédiaire de liens (matérialisés par des «boutons») représentant les relations de soutien argumentatif entre documents.

Comme hypothèse, la présence de liens directs était supposée faciliter la compréhension des relations entre les documents. Dans la table des matières, les documents étaient organisés soit de façon structurée, soit de façon quelconque. L'organisation structurée s'est révélée une précondition de la mémorisation des principaux arguments historiques présentés dans ces documents (Figure 1). À défaut de structuration globale, la version hypertexte avec liens directs donnait des résultats inférieurs à la présentation séquentielle des documents.

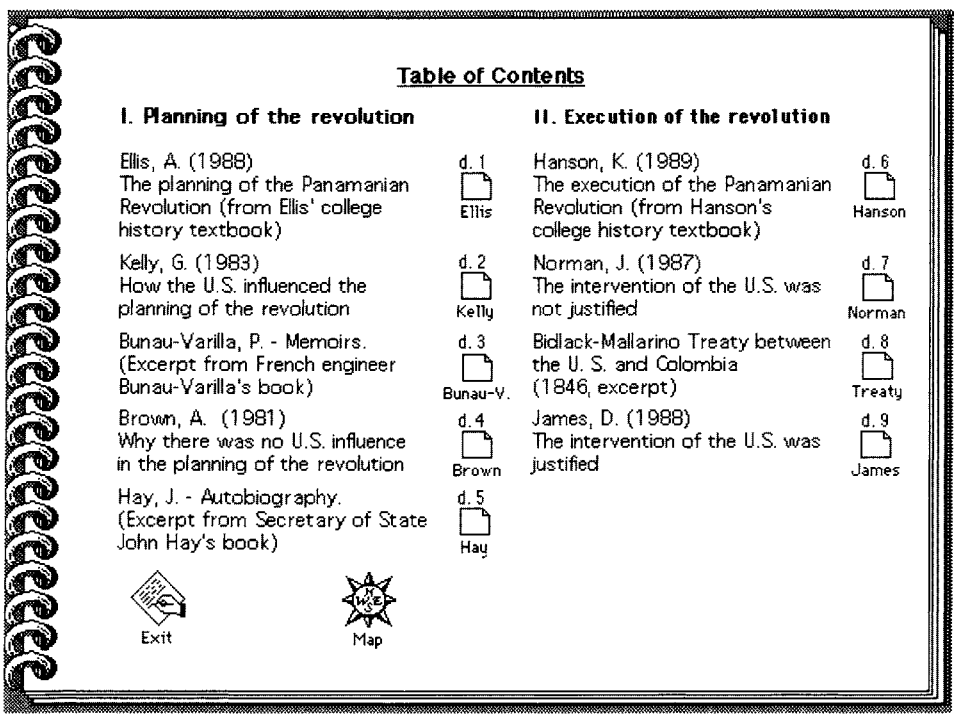

Figure 1 – Table des matières structurée dans l'expérience de Britt, Rouet et Perfetti (d'après Britt, Rouet et Perfetti, 1996).

En résumé, la présence d'une structure rhétorique claire, signalée par des marqueurs que peut facilement identifier l'utilisateur, est une première condition de la compatibilité cognitive d'un hyperdocument. Est-ce à dire que les hypermédias ne pourront jamais que reproduire les schémas documentaires déjà présents dans les documents imprimés? Ce serait compter sans la grande capacité d'apprentissage et d'adaptation du système cognitif humain. Il n'est pas improbable que des modes d'organisation totalement nouveaux, spécifiques aux hypermédias, donc très peu familiers aux utilisateurs actuels, soient peu à peu intégrés dans le répertoire des stratégies de lecture des utilisateurs de demain. Déjà, les

systèmes à base de menus, qui semblaient poser des problèmes considérables voici quelques années, sont devenus monnaie courante et permettent un accès rapide à l'information, à condition toutefois qu'ils n'imposent pas une charge cognitive trop forte[3]. Les améliorations ergonomiques (Giroux, Bergeron et Lamarche, 1987) et l'acculturation progressive des utilisateurs ont sans doute contribué conjointement à la popularisation de ces systèmes. De la même façon, les hypermédias peuvent proposer des «schémas rhétoriques» nouveaux, mais ceux-ci doivent remplir une fonction communicative précise et préserver un certain degré d'analogie avec la culture des utilisateurs afin de permettre leur «accommodation» progressive.

Le rôle de la cohérence interne

La cohérence interne d'un texte peut être définie grossièrement comme l'existence de relations locales et globales entre les parties du texte ou énoncés successifs. Sur le plan local, un texte est cohérent si les énoncés qui le constituent évoquent les mêmes référents (c'est-à-dire les agents, les objets, les instruments, etc.; on parle alors de «recouvrement d'arguments»), ou si les énoncés partagent certaines caractéristiques de circonstance: temps, lieu, conditions etc. Au point de vue global, le texte est cohérent si les énoncés, les paragraphes ou les sections dans le cas de longs textes, renvoient au même thème général, d'une façon compatible avec les connaissances générales des lecteurs (plausibilité).

Beaucoup de textes «naturels», surtout les textes à caractère technique ou explicatif, manquent de cohérence locale et/ou globale, ce qui peut entraîner une difficulté accrue pour le lecteur. La cohérence d'un texte peut être établie ou renforcée par certaines marques linguistiques spécifiques, telles que les reprises anaphoriques (par exemple, les pronoms), les connecteurs temporels ou causaux, ou encore certaines techniques énonciatives, telles que l'introduction, le résumé, les transitions, etc. Certaines expériences qui visent à améliorer la cohérence des textes par l'emploi de l'une ou l'autre de ces techniques ont abouti à des gains significatifs relativement à la compréhension et au rappel des éléments du texte (Britton et Gülgöz, 1991). Il semble que le degré de cohérence optimal soit fonction du degré des connaissances du lecteur: pour des lecteurs totalement novices dans le domaine, un texte parfaitement cohérent semble le plus favorable à la compréhension. Pour des lecteurs qui possèdent déjà des connaissances, un texte présentant certains défauts de cohérence peut favoriser un processus actif d'intégration d'où une meilleure compréhension (McNamara, Kintsch, Songer et Kintsch, 1996). Cet ajustement de la cohérence aux besoins du lecteur illustre une autre forme nécessaire de compatibilité entre le système d'informations, ici le texte, et son utilisateur.

La cohérence interne des hyperdocuments pose-t-elle des problèmes particuliers? On peut le craindre si l'on considère le bouleversement des relations auteur-texte-lecteur qu'ils induisent. Dans les documents imprimés, la cohérence est toujours déterminée *a priori* par la composition du document (vocabulaire, style d'écriture, plan, etc.). Nous l'avons vu, certaines interventions peuvent améliorer la cohérence d'un texte classique, mais ce travail présuppose une organisation énonciative prédéfinie. Au contraire, la cohérence d'un hyperdocument n'est jamais que virtuelle puisqu'il appartient à l'utilisateur de visiter les différentes unités d'information selon un «parcours» qu'il construit lui-même, à mesure de ses choix dans les «boutons» proposés, de ses recherches par mots clés, etc. L'auteur de l'hyperdocument doit donc veiller à maintenir la cohérence globale et locale en tenant compte du fait qu'il existe plusieurs organisations possibles du matériel présenté et que la tâche qui consiste à autoorganiser la séquence des documents lus est loin d'être triviale pour l'utilisateur.

Un premier problème se pose lorsqu'il s'agit d'interpréter les «liens» que propose chaque page de l'hyperdocument. C'est en effet à partir de ces liens que l'utilisateur détermine quelle sera la prochaine unité de l'hyperdocument à traiter et, partant, quelle sera la nature de la séquence constituée par l'unité actuelle et l'unité suivante. Dans beaucoup d'hypermédias, ces liens se réduisent à de simples mots ou expressions signalés par une surbrillance, sans autre information ni sur leur destination ni sur la relation entre l'unité actuelle et l'unité reliée.

Plusieurs études ont montré que les utilisateurs ont besoin d'informations sur la nature et la destination des liens. Gordon, Gustavel, Moore et Hankey (1988) présentaient à des étudiants un texte sur ordinateur soit sous forme «linéaire» (défilement de pages à l'écran), soit sous forme hypertexte. La version hypertexte offrait un résumé des principaux points du texte, dans lequel certains mots clés étaient signalés en surbrillance. Les participants pouvaient accéder à des détails supplémentaires en sélectionnant ces mots clés. Lorsque la tâche de lecture s'accompagnait d'un objectif explicite, tel lire un texte à caractère technique pour apprendre, les deux versions donnaient des résultats comparables par rapport à la mémorisation du contenu. Mais lorsque le but de la lecture était implicite, comme lire un texte d'intérêt général sans consigne spécifique, la présentation linéaire entraînait un meilleur rappel des informations importantes du texte. Par ailleurs, lors d'entretiens réalisés à la suite de l'expérience, les participants avouaient leur préférence pour la présentation linéaire et trouvaient la version hypertexte plus difficile à utiliser. Le caractère implicite des liens semble générer un sentiment d'incertitude incompatible avec une représentation globale de l'hypertexte. Une meilleure information sur la destination des liens réduirait cette incertitude et faciliterait la lecture de l'hypertexte. Il faut toutefois relativiser ce constat en tenant compte de l'inexpérience des participants: la version hypertexte était moins

familière que la version linéaire, ce qui pourrait expliquer en partie tant les performances moindres que l'inconfort des utilisateurs.

Foltz (1996) a proposé un autre moyen d'améliorer la cohérence des hypermédias. Son travail s'inspire de la théorie propositionnelle développée par Kintsch et ses collègues (Kintsch et van Dijk, 1978). Selon la théorie propositionnelle, la signification d'un texte et, par extension, d'un hypertexte peut être représentée sous la forme d'un ensemble de «propositions» sémantiques élémentaires. La compréhension passe par la réduction de l'information brute à travers la construction mentale de «macropropositions» qui résument l'information importante du texte. Les macropropositions guident également la compréhension des éléments suivants du texte en permettant l'établissement de relations entre les passages successifs. Foltz constate que l'utilisateur d'un hypertexte a la possibilité de passer d'une unité à l'autre sans nécessairement construire les macropropositions qui assureraient la cohérence du parcours. Par exemple, l'utilisateur d'un manuel universitaire présenté sous forme d'hypertexte peut aller directement d'une section à une autre sans rapport direct, par le biais de l'index, du sommaire, ou de tout autre système de navigation. Foltz a ainsi mis au point un système hypertexte «intelligent» dans lequel les macropropositions intermédiaires sont automatiquement construites par le système, quel que soit le parcours effectué par l'utilisateur. Ainsi, si ce dernier décide soudainement de passer à une section sans rapport direct avec la précédente, le système propose automatiquement un «résumé» qui établit la relation entre les deux passages.

Bien que ce procédé repose sur des bases théoriques solides, les expériences réalisées par Foltz n'ont pas permis d'en démontrer la validité. En effet, dans ces expériences, les utilisateurs se cantonnaient dans des stratégies d'exploration très «prudentes», suivant scrupuleusement les parcours suggérés par la table des matières. Ils n'avaient donc que très rarement l'occasion de profiter des informations intermédiaires générées par le système. Toutefois, l'analyse de protocoles verbaux a révélé que le maintien de la cohérence était une préoccupation majeure des lecteurs d'hypertextes et que ce critère guidait l'essentiel de leurs choix. De l'étude de Foltz, il ressort que les unités d'informations présentées dans un hypermédia devraient toujours être contextualisées, c'est-à-dire que leur «position» dans le réseau sémantique de l'hyperdocument devrait toujours être explicite pour l'utilisateur.

Ces exemples suggèrent que la cohérence interne pose autant de problèmes, sinon plus, dans les environnements hypermédias que dans les documents classiques. Le fait de laisser au lecteur l'initiative de son parcours ne dispense pas le concepteur d'étudier très sérieusement l'organisation des liens entre les unités de l'hyperdocument. En fait, selon certains auteurs, l'édition de liens dans les hypermédias pose des problèmes tout à fait spécifiques, indépendants du contenu

proprement dit et qui relèvent davantage de l'analyse des connaissances sous-jacentes à ce contenu (Nanard, 1995). Dans cette perspective, le système hypermédia idéal devrait comporter des «agents» intelligents, chargés d'identifier les buts et les stratégies de l'utilisateur afin de coopérer avec lui dans la recherche de l'information pertinente dans le contexte de la tâche en cours.

Le rôle de l'intégration multimédia

Jusqu'à présent, nous n'avons abordé les problèmes de compatibilité cognitive que dans le cas des systèmes à base de texte. Or, le terme d'hypermédia suggère des systèmes qui présentent à la fois des informations selon plusieurs modalités: textes, mais aussi graphiques, images fixes ou animées, séquences sonores, etc. La multimodalité pose en soi des problèmes de compatibilité, souvent ignorés des concepteurs, mais qui peuvent constituer un obstacle sérieux lors de l'interaction avec le système (Caelen, 1996).

Une fois encore, les travaux de psychologie cognitive apportent un éclairage intéressant sur la nature des processus en cours lors du traitement simultané d'informations verbales et picturales (Gyselinck, 1996). On sait depuis longtemps que l'image peut jouer un rôle très positif dans la compréhension d'un texte, surtout dans le cas où le contenu du texte est peu familier (Brandsford et Johnson, 1972). Sur le plan cognitif, on admet généralement que l'image permet l'activation rapide de schémas conceptuels qui jouent le rôle de structures d'accueil pour les informations verbales subséquentes. Toutefois, comme le soulignent Glenberg et Langston (1992), les effets facilitateurs des illustrations, bien connus des éducateurs, n'ont reçu d'interprétation détaillée que très récemment, grâce notamment à la théorie des modèles mentaux (Johnson-Laird, 1983). Dans ses grandes lignes, cette théorie prévoit que, lors du traitement d'informations textuelles ou imagées, l'individu construit au moins deux types de représentations: une représentation dite de surface, par exemple la représentation littérale des mots ou des phrases d'un texte, et une représentation de la situation évoquée par le texte ou modèle mental. Selon cette perspective, les illustrations facilitent la construction des modèles mentaux à partir de textes parce qu'elles sont dans un rapport d'analogie avec la situation décrite par le texte, et ce, contrairement au texte lui-même dont le caractère symbolique et séquentiel induit des «déformations». Glenberg et Langston (1992) démontrent d'ailleurs que la présence d'illustrations permet au lecteur de se départir de l'organisation séquentielle du texte, lorsque celle-ci ne reflète pas l'organisation réelle des constituants de la situation.

Les images peuvent donc faciliter la compréhension d'un texte, c'est un fait avéré et compatible avec les théories cognitives actuelles. Que ce soit de façon exp-

licite ou, le plus souvent inconsciente, les concepteurs de produits multimédias ont fait un usage parfois immodéré de ce principe, en proposant des hyperdocuments dans lesquels textes et images fusent littéralement de tous les côtés, au mépris d'un autre principe bien connu des psychologues, la capacité de traitement limitée du système cognitif. Or, la présentation simultanée de textes et d'images peut entraîner une augmentation de la charge cognitive nécessaire pour extraire l'information de ces deux sources au point de saturer la capacité de traitement du sujet (Sweller, Chandler, Tierney et Cooper, 1990).

Les travaux récents de Merlet (Merlet, 1998; Merlet et Gaonac'h, 1995) ont apporté une démonstration directe du phénomène de surcharge cognitive inhérent à une mauvaise intégration texte-image. Merlet a travaillé à partir d'un produit multimédia du commerce destiné à l'enseignement de l'anglais langue étrangère. Ce produit propose, entre autres exercices, l'écoute de dialogues illustrés par des images simples représentant les acteurs du dialogue et les situations évoquées dans ce dialogue. Merlet a soumis des étudiants de niveau intermédiaire (2e année universitaire) à l'un de ces dialogues avec ou sans les images d'accompagnement. Les résultats ont montré que la présence d'images, loin de faciliter la compréhension, entraînait au contraire une augmentation des difficultés par rapport au groupe contrôle. L'auteur a proposé une interprétation de ce phénomène en relation avec la charge cognitive: les étudiants de niveau intermédiaire sont contraints de consacrer une attention importante au traitement des unités linguistiques élémentaires (les mots du texte entendu). Dans ces conditions, l'ajout d'informations imagées, qui peuvent difficilement être ignorées, entraîne une surcharge cognitive attestée par des pauses plus nombreuses lors de l'écoute, des retours en arrière, et de moins bonnes performances en compréhension.

La simple présence d'informations multiples ne garantit donc pas la compatibilité cognitive entre l'hypermédia et l'apprenant. Pour assurer cette compatibilité, les informations doivent être présentées de façon intégrées, et ce, des points de vue sémantique, spatial et dynamique.

Intégration sémantique – L'information imagée doit être sinon totalement redondante, du moins en relation directe avec l'information verbale. Les deux sources doivent concourir à la construction d'un même modèle mental (Gyselinck, 1996).

Intégration spatiale – La présentation physique doit optimiser les relations spatiales entre les sources d'informations. Par exemple, Sweller *et al.* (1990) ont montré que l'insertion d'explications au sein même d'une figure complexe pouvait faciliter l'apprentissage. Dans le domaine du multimédia, Bétrancourt et Caro (1998) ont mis en évidence une économie de traitement lorsque des commentaires verbaux sont intégrés à une figure complexe sous la forme «d'escamots» (étiquettes

qui une fois sélectionnées entraînent l'apparition d'une fenêtre de texte superposée à la figure). L'intégration spatiale est également importante dans le cas de systèmes donnant accès à des textes secondaires à partir d'un texte principal (Black, Wright, Black et Norman, 1992).

Enfin, dans le cas d'une information dynamique (séquences sonores ou images animées), l'utilisateur doit avoir un contrôle total sur le déroulement des séquences (autorégulation du flux d'informations). Les séquences dynamiques entraînent un accroissement important de la charge cognitive, ce qui devrait amener les concepteurs à ne les utiliser que de façon parcimonieuse et dans le cas où la temporalité apporte une information essentielle (Schnotz, en préparation).

Conclusion

Comment assurer la compatibilité cognitive des hyperdocuments éducatifs? Voilà une question immensément complexe, à laquelle cet article ne prétend certainement pas apporter une réponse globale. Nous l'avons abordée en considérant l'utilisation des hyperdocuments comme une forme complexe de lecture-compréhension. Les travaux de psychologie de la compréhension suggèrent que l'efficacité des documents traditionnels est conditionnée, entre autres, par le respect de certaines règles d'écriture et de présentation. Pour construire des hyperdocuments lisibles, il faut également tenir compte de ces principes auxquels il convient d'en ajouter d'autres, liés à la présentation non-linéaire et interactive des documents électroniques. Trois facteurs qui influencent notablement la compréhension des documents imprimés et qui interviennent également, parfois de façon accrue, dans l'utilisation des hypermédias ont permis d'illustrer ce point de vue. Ces facteurs sont la structure rhétorique globale du document, la cohérence interne et l'intégration des informations multimodales. Il ne s'agit que de quelques données préliminaires qu'on peut tirer des résultats de recherches disponibles actuellement. Pour progresser dans la conception de systèmes interactifs réellement adaptés aux apprenants, il est nécessaire de poursuivre l'examen approfondi des processus humains de traitement de l'information complexe.

À plusieurs reprises, nous avons mentionné que la familiarisation des utilisateurs constituait un déterminant important de la performance et, dans certains cas, un biais pour l'interprétation des phénomènes observés. C'est là une donnée essentielle pour comprendre le potentiel et les limites des technologies interactives. Dans ce qui est probablement la toute première expérimentation de l'histoire des hypertextes, Weyer (1982) proposait à des élèves de 16-17 ans d'utiliser un manuel d'histoire informatisé doté d'une interface hypertexte et d'outils de recherche plus ou moins sophistiqués. Il remarquait que les outils analogues à

ceux qui sont présents dans les ouvrages imprimés, telle une table des matières, ne posaient apparemment pas de problème, alors que des outils plus nouveaux pour ces élèves, comme la recherche par mots clés ou la table de références croisées, étaient moins souvent et moins bien utilisés. Des outils puissants, censés faciliter la recherche d'informations, ne s'intègrent donc pas toujours «spontanément» aux stratégies cognitives préalables des utilisateurs. Ces outils technologiques doivent d'abord acquérir un statut d'outils cognitifs, c'est-à-dire que les utilisateurs doivent se faire une représentation cohérente de leur fonctionnement et des actions pour lesquelles l'outil peut être sollicité. C'est une façon différente, mais complémentaire, de concevoir la «compatibilité cognitive» du système: celle-ci n'existe que lorsque la fonctionnalité des outils proposés par ce système a été intégrée au sein d'un schéma procédural construit par l'individu. La construction de ce type de schéma peut prendre beaucoup de temps, de même que son ajustement pour tenir compte des occasions offertes par le nouvel environnement.

En général, les expériences indiquent que la performance des utilisateurs évolue positivement avec la pratique du système. Ainsi, Rouet (1992) a montré que les stratégies de recherche d'informations d'élèves de 12 à 14 ans s'amélioraient significativement au cours de quatre séances de familiarisation avec un environnement hypertexte simple. Si ce facteur ne doit en aucun cas être sous-estimé, il ne faut pas pour autant considérer que les problèmes d'utilisation des hypermédias disparaîtront comme par magie à condition que la nouvelle génération d'utilisateurs soit suffisamment exposée à la technologie, dès les étapes les plus précoces de son développement cognitif. Il semble plus raisonnable de considérer que l'introduction de toute technologie avancée dans un environnement d'apprentissage, incluant des agents aussi divers que l'institution scolaire, les éducateurs, les élèves et groupes d'élèves, s'accompagne d'un coût matériel et d'un coût humain, ce dernier comportant, entre autres, l'effort consenti à la formation des partenaires et des agents du système. Ce coût croît avec la sophistication des technologies (nombre et complexité des fonctionnalités proposées) et la diversité des utilisateurs concernés. Il pourrait bientôt, s'il reste comme à l'heure actuelle grossièrement sous-estimé, devenir la principale barrière au développement des technologies interactives en éducation.

À ce propos, une limite importante de l'approche de la compatibilité cognitive présentée dans ce texte réside dans le fait que seule la compatibilité entre un système hypermédia (supposé fini et constant) et un utilisateur unique a été prise en compte. Or, on sait que le couple utilisateur-système tend de plus en plus souvent à être inclus dans un système d'information et de documentation plus complexe, qui peut comporter d'autres systèmes (réseau) et d'autres utilisateurs (travail coopératif sur ordinateur). Au problème des formats de l'information s'ajoute celui des formats de communication qui permettent un travail autour de l'information

et avec elle: son évaluation, son échange, sa transformation, sa réutilisation. À la notion restreinte de compatibilité cognitive présentée ici, il conviendrait d'ajouter une compatibilité communicative et une compatibilité psychosociale dont les principes n'ont, à notre connaissance, pas encore été élucidés.

En dépit de ces limites, les recherches menées en psychologie de la compréhension suggèrent que, dans le domaine des hypermédias, la démarche de conception a peu de chances d'aboutir à un système parfaitement fonctionnel sans passer par la prise en compte d'un modèle cognitif de l'utilisateur, ceci, dès les phases précoces du processus de conception. Il faut évidemment y ajouter une évaluation approfondie des conséquences effectives de la technologie. De plus en plus nombreux sont ceux qui s'accordent à penser que ceci implique un élargissement des équipes de conception, qui devraient dans la plupart des cas inclure des spécialistes de sciences cognitives, travaillant en coopération avec les concepteurs proprement dits. De telles coopérations ont déjà porté leurs fruits dans le domaine des hypermédias (Instone, Teasley et Leventhal, 1996) et il faut souhaiter qu'elles s'accroissent dans le futur.

Notes

1. Nous définissons de façon très générale les hypermédias. Certains auteurs proposent des hypermédias plus sophistiqués, dans lesquels le système agit comme un partenaire intelligent, notamment lorsqu'il s'agit de rechercher les informations pertinentes dans le contexte d'activité de l'utilisateur (voir Nanard et Nanard 1998). Cependant, les systèmes à base de liens «passifs» sont encore les plus répandus.
2. Si le système SEPIA n'a jamais été formellement évalué, l'un de ses successeurs, DOLPHIN, conçu d'après des principes similaires, a donné lieu récemment à une démarche d'évaluation empirique (J. M. Haake, communication personnelle, 22 avril 1998).
3. La charge cognitive est fonction du nombre d'unités indépendantes qui doivent être retenues au cours de la recherche d'informations. Pour une mise au point récente (Tricot et Chanquoy, 1996).

Abstract – The aim of this article is to demonstrate that the efficacy of hypermedia systems as learning tools depends on their compatibility with processes and cognitive representations of users. Firstly, the author defines cognitive compatibility with the general frame of subject – computer interaction. This concept is then clarified using the specific case of reading comprehension of hypermedia documents. Based on research on the psychology of comprehension, three cognitive compatibility factors are identified: the global rhetorical structure of the hyperdocument, the internal coherence, and multimodel integration. The author concludes that the conceptualization of hypertext for purposes of learning should be based systematically, but not exclusively, on cognitive models involved in processing complex information.

Resumen – El objetivo de este artículo es de mostrar que la eficacia de los sistemas hipermedia como instrumentos de aprendizaje, dependen de su compatibilidad con los procesos

y las representaciones cognitivas de los usuarios. Primero, la compatibilidad cognitiva es definida dentro del marco general de la interacción sujeto-computador. Luego, esta noción es precisada para el caso particular de la lectura-comprehensión de documentos hipermedios. A partir de estudios psicológicos realizados sobre la comprehensión, se han podido identificar tres factores de compatibilidad cognitiva: la estructura retórica global del hiperdocumento, la coherencia interna y la integración multimodal. Se concluye que la concepción de hiperdocumentos orientados al aprendizaje debe inspirarse sistemáticamente - aunque no exclusivamente - en los modelos cognitivos para el tratamiento de informaciones complejas.

Zusammenfassung – In diesem Artikel wird versucht zu zeigen, dass die Wirksamkeit von Hypermediensystemen als Mittel der Lernhilfe von ihrer Kompatibilität mit den kognitiven Vorgängen und Vorstellungen der Benutzer abhängt. Zunächst wird die kognitive Kompatibilität im allgemeinen Rahmen der Benutzer-Computer-Interaktion definiert. Dann wird dieser Begriff genauer ins Auge gefasst im besonderen Fall des Lesens/ Verstehens von Hypermediendokumenten. Ausgehend von psychologischen Forschungsarbeiten über das Verständnis werden drei Faktoren der kognitiven Kompatibilität aufgestellt : die allgemeine rhetorische Struktur des Hyperdokumentes, die innere Kohärenz und die multimodale Integration. Es wird daraus geschlossen, dass die Konzeption von Hyperdokumenten als Lernhilfe systematisch, wenn auch nicht ausschließlich, auf die kognitiven Modelle der Verarbeitung komplexer Information zurückgreifen muss.

Références

Adam, J. M. et Petitjean, A. (1989). *Le texte descriptif.* Paris: Nathan.

Anderson, R. C. et Pearson, P. D. (1984). A schema-theoretic view of basic processes in reading comprehension. *In* P. D. Pearson (dir.), *Handbook of reading research* (p. 255-291). New York, NY: Longman.

Bastien, C. et Scapin, D. (1993). *Ergonomic criteria for the evaluation of human-computer interfaces.* Rocquencourt: Institut national de recherche en informatique et en automatique, rapport technique, n° 156.

Bétrancourt, M. et Caro, S. (1998). Intégrer des informations en escamots dans les textes techniques: quels effets sur les processus cognitifs? *Hypertextes et hypermédias, 2,* sous presse.

Black, A., Wright, P., Black, D. et Norman, K. (1992). Consulting on-line dictionary information while reading. *Hypermedia, 4*(3), 145-169.

Brandsford, J. D. et Johnson, M. K. (1972). Contextual prerequisites for understanding some investigation on comprehension and recall. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 11,* 717-726.

Britt, M. A., Rouet, J.-F. et Perfetti, C. A. (1996). Using hypertext to study and reason about historical evidence. *In* J.-F. Rouet, J. J. Levonen, A. P. Dillon et R. J. Spiro (dir.), *Hypertext and cognition* (p. 43-72). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Britton, B. K. et Graesser, A. C. (1996). *Models of understanding text.* Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Britton, B. K. et Gülgöz, S. (1991). Using Kintsch's computational model to improve instructional text: Effects of repairing inference calls on recall and cognitive structures. *Journal of Educational Psychology, 83*(3), 329-345.

Bush, V. (1945). As we may think. *Atlantic Monthly, 176*(1), 101-108.

Caelen, J. (1996). Interaction et multimodalité. In E. Bruillard, J.-M. Baldner et G.-L. Baron (dir.), *Hypermédias et apprentissages. Actes des troisièmes journées scientifiques* (p. 11-34). Paris: Institut national de la recherche pédagogique.

Card, S. K., Moran, T. P. et Newell, A. (1983). *The psychology of human-computer interaction.* Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

Charney, D. (1994). The impact of hypertext on processes of reading and writing. *In* S. J. Hilligoss et C. L. Selfe (dir.), *Literacy and computers: The complications of teaching and learning with technology* (p. 238-263). New York, NY: Modern Language Association.

Dee-Lucas, D. et Larkin, J. H. (1995). Learning from electronic texts: Effects of interactive overviews for information access. *Cognition and Instruction, 13*(3), 431-468.

Dillon, A. (1991). Readers' models of text structures: The case of academic articles. *International Journal of Man-machine Studies, 35,* 913-925.

Dillon, A. (1994). *Designing usable electronic text: Ergonomics aspects of human information usage.* Londres: Taylor and Francis.

Dillon, A. (1996). Myths, misconceptions and an alternative perspective on information usage and the electronic medium. *In* J.-F. Rouet, J. J. Levonen, A. P. Dillon et R. J. Spiro (dir.), *Hypertext and cognition* (p. 25-42). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Fayol, M. (1991). Text typologies: A cognitive approach. *In* G. Denhiere et J. P. Rossi (dir.), *Text and text processing* (p. 61-76). Amsterdam: North Holland.

Foltz, P. W. (1996). Comprehension, coherence and strategies in hypertext and linear text. *In* J.-F. Rouet, J. J. Levonen, A. P. Dillon et R. J. Spiro (dir.), *Hypertext and cognition* (p. 109-136). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Giroux, L., Bergeron, G. et Lamarche, J.-P.(1987). Organisation sémantique des menus dans les banques de données. *Le Travail humain, 50*(2), 97-107.

Glenberg, A. M. et Langston, W. E. (1992). Comprehension of illustrated text: Pictures help build mental models. *Journal of Memory and Language, 31,* 129-151.

Gordon, S., Gustavel, J., Moore, J. et Hankey, J. (1988). *The effect of hypertext on reader knowledge representation. Proceedings of the 32nd Annual Meeting of the Human Factors Society* (p. 296-300). Santa Monica, CA: Human Factors Society.

Gyselinck, V. (1996). Illustrations et modèles mentaux dans la compréhension de textes. *L'Année psychologique, 96,* 495-516.

Instone, K., Teasley, B. et Leventhal, L. (1996). Lessons learned from redesigning hypertext user interaces. *In* H. van Oostendorp et S. de Mul (dir.), *Cognitive aspects of electronic text processing* (p. 265-286). Norwood, NJ: Ablex.

Jonassen, D. H. et Mandl, H. (dir.) (1990). *Designing hypermedia for learning.* Berlin: Springer-Verlag.

Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental models.* Cambridge, MA: Cambridge University Press.

Kintsch, W. (1988). The role of knowledge in discourse comprehension: A construction-integration model. *Psychological Review, 95*(2), 163-182.

Kintsch, W. et van Dijk, T. A. (1978). Toward a model of text comprehension and production. *Psychological Review, 85,* 363 - 394.

Kintsch, W. et Yarbrough, J. C. (1982). Role of rhetorical structure in text comprehension. *Journal of Educational Psychology, 74,* 828-834.

Kintsch, W. et van Dijk, T. A. (1978). Toward a model of text comprehension and production. *Psychological Review, 85,* 363-394.

Mayer, R. E. (1984). Aids to text comprehension. *Educational Psychologist, 19*(1), 30-42.

McNamara, D. S., Kintsch, E., Songer, N. S. and Kintsch, W. (1996). Are good texts always better? Interactions of text coherence, background knowledge, and levels of understanding in learning from text. *Cognition and Instruction, 14*(1), 1-43.

Merlet, S. (1998). Niveaux de traitement et intégration des informations multimédias. L'exemple de la compréhension orale en langue étrangère. *Hypertextes et hypermédias, 2,* sous presse.

Merlet, S. et Gaonac'h, D. (1995). Mise en évidence de stratégies compensatoires dans la compréhension orale en langue étrangère. *Revue de phonétique appliquée, 115-117,* 273-292.

Meyer, B. J. F. (1985). Prose analysis: Purposes, procedures, and problems. *In* B. K. Britton et J. B. Black (dir.), *Understanding expository text* (p. 11-64). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

Nanard, M. (1995). Les hypertextes: au-delà des liens, la connaissance. *Sciences et techniques éducatives, 2*(1), 31-60.

Nanard, J. et Nanard, M. (1998) Conception d'hypermédia et cognition: faut-il se préoccuper de l'utilisateur ou du concepteur? *Hypertextes et hypermédias,* sous presse.

Nielsen, J. (1995). *Multimedia and hypertext: The Internet and beyond.* Londres: Academic Press.

Norman, D. A. et Draper, S. (1986) (dir.). *User-centered system design.* Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

Richard, J.-F. (1990). *Les activités mentales.* Paris: Presses universitaires de France.

Rouet, J.-F. (1992). Apprendre à lire un hypertexte: une étude expérimentale. *Cahiers de linguistique sociale, 21,* 81-92.

Rouet, J.-F., Levonen, J., Dillon, A. P. et Spiro, R. J. (dir.) (1996). *Hypertext and cognition.* Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Schnotz, W. (en préparation). Sign systems, technologies, and the acquisition of knowledge. *In* J.-F. Rouet, J. J. Levonen et A. Biardeau (dir.), *Learning with information systems.*

Spiro, R. J., Feltovitch, P. J., Jacobson M. J. et Coulson, R. J. (1991). Cognitive flexibility, constructivism and hypertext: Random access instruction for advanced knowledge acquisition in ill-structured domains. *Educational Technology, 31*(5), 24-33.

Streitz, N. A. (1987). Cognitive compatibility as a central issue in human-computer interaction: Theoretical framework and empirical findings. *In* G. Salvendy (dir.), *Cognitive engineering in the design of human-computer interaction and expert systems* (p. 75-82). Amsterdam, NL: Elsevier Science Publishers.

Streitz, N., Hanneman, J. et Thüring, M. (1989). From ideas and arguments to hyperdocuments: Travelling through activity spaces. *Proceedings of ACM Hypertext'89* (p. 343-364). New York, NY: ACM Press.

Sweller, J., Chandler, P., Tierney, P. et Cooper, M. (1990). Cognitive load as a factor in the structuring of technical material. *Journal of Experimental Psychology: General, 119,* 176-192.

Tricot, A. (1995). Un point sur l'ergonomie des interfaces hypermédia. *Le Travail humain, 58*(1), 17-45.

Tricot, A. et Chanquoy, L. (dir.) (1996). La charge mentale. *Psychologie française, 41*(4).

van Dijk, T. A. et Kintsch, W. (1983). *Strategies of discourse comprehension.* Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

de Vries, E. et de Jong, T. (sous presse). The design and evaluation of hypertext structures for supporting design problem solving. *Instructional Science.*

Weyer, S. A. (1982). The design of a dynamic book for information search. *International Journal of Man-Machine Studies, 17,* 87-107.