



## Apprentissage et recherche d'information avec des documents électroniques

André Tricot  
Maître de conférences à l'IUFM de Midi-Pyrénées  
ERT « hypermédias et apprentissages »  
&  
Laboratoire Travail et Cognition  
UMR CNRS et Université de Toulouse le Mirail

Mémoire en vue de l'habilitation à diriger des recherches  
Discipline : Psychologie

Sous la direction de Claudette Mariné  
Professeur à l'Université de Toulouse le Mirail

### Jury

Nicolas Balacheff, DR CNRS, Institut de Mathématiques Appliquées de Grenoble  
Claude Bastien, PR, Université de Provence (rapporteur)  
Jean-Marie Cellier, DE, École Pratique des Hautes Études  
Jean Émile Gombert, PR, Université de Haute Bretagne  
Jean-Michel Hoc, DR CNRS, Université de Nantes (rapporteur)  
Claudette Mariné, PR, Université de Toulouse le Mirail

Soutenue le 15 décembre 2003

## Remerciements

À Claude Bastien, et aux membres de l'ex-CREPCO à Aix en Provence, qui m'ont formé en psychologie cognitive : Aline Pélissier, Thierry Ripoll, Alain Tête, Pierre Courrieu, Thierry Bollon, Michel Gonzalez, Louis Bourelly, Gérard Amy. Aux ceux aussi avec qui j'ai pu, à cette époque, collaborer : Alain Rufino, Emmanuelle Puigserver, Mariama Diallo, Dolly Berdugo, Jean-Paul Coste.

À Jean Emile Gombert, et aux membres du CRPCC à Rennes, ainsi qu'à l'IUFM de Bretagne, qui m'ont fait démarrer dans le métier : Eric Jamet, Olivier Le Bohec, Michel Deleau, Cédric Hidrio, Franck Ganier, Jean-Claude Coulet, Gérard Poulain, Alain Lieury, Gérard Sensevy, Pierre Merle, Denis Meuret, Jean-Pierre Gaborieau, Danielle Dahringer, Rachid El Boussarghini, Béatrice Drot-Delange, Béatrice Foucault, Corinne Pierre-Demarcy.

À Daniel Richard et aux membres de l'ERT «Hypermédias et apprentissages », ainsi qu'à l'IUFM de Midi-Pyrénées : Fabienne Plégat-Soutjis, Jean-François Camps, Alban Amiel, Gladys Lutz, Benoît Jeunier, Sandrine Galéa, Agnès Morcillo, Michel Grandaty, Angelika Rieussec, Caroline Golanski, Pierre Valade, Claudine Garcia Debanc, ainsi qu'à la *dream team* de l'UPFCC : Hélène, Isabelle, Cécile, Agnès.

À Claudette Mariné, Jean-Marie Cellier, et aux membres du LTC et au réseau PRESCOT : Jacques Virbel et Jean-Luc Nespoulous pour leur incroyable accueil, Céline Lemercier, Nadine Vigouroux, Franck Amadiou, Julie Lemarié, Patrice Terrier, Alban Amiel, Mustapha Mojahid, Nathalie Spanghero Gaillard, Pascal Gaillard, Philippe Truillet, Claudine Mélan.

À ceux rencontrés en cours de route et avec qui travailler (même peu) fut un plaisir : Erica de Vries, Jean-François Rouet, Lucille Chanquoy, Mireille Bétrancourt, Sylvie Merlet, Jérôme Dinot, John Sweller, Jean-Michel Hoc, Nicolas Balacheff, Jocelyne Nanard, Denis Legros, Jeannine Lafontaine, Christian Bastien, Isabelle Chênerie, André Cogne, John McCarthy, Pierre Molinier, Roselyne Ouvrier-Bonnaz, Jean-Luc Mure ainsi que les membres des communautés JETCSIC et EPIQUE.

À mon co-auteur préféré(e), Marie Tricot et aux fruits biologiques de notre collaboration.

À ma famille.

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>6</b>
1.1	Problématique générale .....	6
1.2	Présentation du mémoire .....	7
<b>2</b>	<b>UTILISATION DE DOCUMENTS ELECTRONIQUES DANS DES SITUATIONS D'APPRENTISSAGES .....</b>	<b>9</b>
2.1	Les apprentissages humains .....	10
2.2	Les documents et leur utilisation.....	12
2.3	Ergonomie et apprentissages .....	15
2.4	Vers une catégorisation des situations d'apprentissage .....	17
2.5	Processus cognitifs impliqués dans les apprentissages.....	22
2.5.1	La théorie de la charge cognitive, une théorie de la cognition adaptative .....	22
2.5.2	Principaux processus d'apprentissage connus .....	26
2.5.3	Principaux effets connus sur les apprentissages .....	28
2.5.4	Les effets mis à jour par la théorie de la charge cognitive.....	29
2.6	Contributions empiriques .....	32
2.6.1	Effets de l'aide à la compréhension sur l'acquisition de connaissances littérales et conceptuelles .....	32
2.6.2	Effet de la nature de l'expertise et du guidage sur l'apprentissage ....	34
2.7	Émettre des hypothèses sur la relation entre moyens et buts d'apprentissage .....	35
2.7.1	Analyse de la relation moyens – buts dans quelques situations d'apprentissage typiques.....	36
2.7.2	Décrire les liens entre apprentissage et traitement de matériels .....	40
2.8	Conclusion : vers une ergonomie des documents électroniques pour l'apprentissage.....	42
<b>3</b>	<b>RECHERCHE D'INFORMATION DANS LES DOCUMENTS ELECTRONIQUES.....</b>	<b>44</b>
3.1	Introduction.....	44
3.2	Principaux aspects de l'activité.....	45

3.2.1	La prise de conscience du besoin d'information.....	46
3.2.2	Du besoin d'information au but de recherche .....	51
3.2.3	Mise en œuvre de l'activité de recherche d'information .....	56
3.2.4	Compréhension des documents sélectionnés .....	57
3.2.5	Évaluation des documents sélectionnés .....	64
3.2.6	Conclusion .....	64
<b>3.3</b>	<b>Effets des caractéristiques des tâches et du système sur l'activité .....</b>	<b>66</b>
3.3.1	Effets des caractéristiques des tâches.....	66
3.3.2	Effets des caractéristiques du système d'information.....	68
3.3.3	Discussion.....	71
<b>3.4</b>	<b>Modélisations de l'activité .....</b>	<b>72</b>
3.4.1	Approches de la pertinence .....	72
3.4.2	Approches descriptives de la RI en séquence ou cyclique .....	72
3.4.3	Approches psycho-ergonomiques.....	75
3.4.4	Approches écologiques .....	76
<b>3.5</b>	<b>Conclusion et perspectives .....</b>	<b>78</b>
<b>4</b>	<b>PREMIERE SYNTHESE .....</b>	<b>80</b>
<b>5</b>	<b>LA CONCEPTION ET L'EVALUATION DES DOCUMENTS ELECTRONIQUES POUR L'APPRENTISSAGE.....</b>	<b>87</b>
<b>5.1</b>	<b>Vers une approche ergonomique de la conception de documents électroniques pour l'apprentissage à distance.....</b>	<b>88</b>
5.1.1	Introduction.....	88
5.1.2	Quelques questions pour une équipe de conception.....	90
5.1.3	Discussion.....	92
<b>5.2</b>	<b>La conception d'aides spécifiques aux situations d'apprentissage .....</b>	<b>93</b>
5.2.1	Les apprentissages par l'action.....	93
5.2.2	Les apprentissages par instruction .....	94
5.2.3	Les apprentissages par la découverte .....	94
<b>5.3</b>	<b>Une aide en fonction des processus cognitifs impliqués .....</b>	<b>95</b>
<b>5.4</b>	<b>Améliorer la conception de documents d'information sur les métiers</b>	<b>96</b>
5.4.1	Le projet Itinéraire pour un métier .....	96
5.4.2	L'aide aux politiques publiques en matière d'information sur les métiers	100
5.4.3	Perspectives.....	101
<b>5.5</b>	<b>L'évaluation des documents électroniques.....</b>	<b>101</b>
5.5.1	Évaluation de la pertinence des variables rationnelles.....	102

5.5.2	Interpréter les liens entre les variables mesurant l'utilisation du document et celles mesurant l'apprentissage .....	103
5.5.3	L'acceptabilité, troisième dimension de l'évaluation .....	106
<b>5.6</b>	<b>Conclusion et perspectives sur la conception et l'évaluation de documents électroniques pour l'apprentissage .....</b>	<b>108</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSION.....</b>	<b>109</b>
<b>7</b>	<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>110</b>
<b>8</b>	<b>INDEX DES AUTEURS.....</b>	<b>125</b>

# 1 Introduction

## 1.1 Problématique générale

Apprendre et rechercher de l'information avec des documents électroniques sont deux activités cognitives répandues et mal connues car relativement récentes, si on les compare par exemple à la lecture de textes ou à la résolution de problèmes arithmétiques. Elles sont récentes sur l'échelle des activités humaines en général, à cause de l'apparition très récente des documents électroniques, et sur l'échelle beaucoup plus courte des activités humaines étudiées par la psychologie. Pour diverses raisons, apprendre et rechercher de l'information avec des documents papiers (voire magnétiques), donc des documents plus anciens sur l'échelle de l'histoire de l'humanité, ont été des activités relativement peu étudiées par la psychologie.

Mon projet est, depuis douze ans, de contribuer à la compréhension de ces activités, dans une visée ergonomique : je voudrais que cette compréhension contribue à améliorer la conception et l'évaluation de documents électroniques pour l'apprentissage et la recherche d'information. Douze ans après avoir soutenu mon mémoire de DEA et donc commencé à étudier ces questions, je me demande si ces deux activités, l'apprentissage et la recherche d'information, ne présentent pas des relations qui m'étaient jusqu'alors invisibles. C'est en grande partie à la lecture de Boy (2001) que je dois cette idée, même si l'on ne peut tenir cet auteur pour responsable de la formulation qui suit.

La nouvelle question que je me pose peut être présentée par le biais de deux hypothèses très générales et complémentaires :

- La recherche d'information et l'apprentissage sont deux réponses différentes à un même problème, celui de la difficulté d'action d'un être humain dans une situation où il manque de connaissances pour réaliser la tâche visée et où un document (électronique) est une solution technique potentielle à ce manque de connaissances, l'apprentissage par résolution de problème, c'est-à-dire par action sur la situation et régulation en fonction du feedback, étant une autre solution (parmi  $n$ ).
- La recherche d'information dans des documents constitue parfois un moyen qui débouche sur un apprentissage. Mais ce moyen représente une activité complexe à mettre en œuvre qui peut être coûteuse, difficile, si bien qu'il peut n'en résulter aucun apprentissage. L'utilisation de documents pour apprendre implique que l'individu possède déjà des connaissances, dans le domaine de contenu, dans l'utilisation du document et de ce que j'appelle dans ce mémoire des «compétences informationnelles».

Apprendre c'est rendre accessible dans sa propre mémoire naturelle une connaissance qui sera (probablement) utile ultérieurement. Mais le sujet humain peut choisir de ne pas apprendre, de déléguer aux mémoires artificielles (les documents) le stockage et l'accessibilité d'une connaissance susceptible d'être utile ultérieurement. Ce choix serait fonctionnel, rationnel : quelle solution présente le meilleur rapport utilité / coût dans les situations habituellement traitées par le sujet humain ? Le coût de l'apprentissage est sans doute difficile à évaluer par le sujet humain, mais le coût de l'accessibilité dans les documents électroniques plus encore. Le contrôle de l'efficacité est aussi très difficile. Ce choix n'est pas nécessairement intentionnel, ni même conscient. Sa rationalité est sans doute limitée. Ces choix sont à la fois individuels et collectifs.

De nombreux travaux comme ceux de Rouet (2000) mettent en évidence un paradoxe au cœur de ces deux questions : pour pouvoir rechercher efficacement une information, il est nécessaire d'avoir des connaissances dans le domaine de contenu abordé. Ne pas avoir de connaissances dans le domaine de contenu rend très difficile la recherche d'information, notamment le déclenchement pertinent de l'activité, et en amont, la prise de conscience d'un besoin d'information. Or, si l'on possède déjà une bonne connaissance d'un domaine de contenu, on a censément moins besoin d'informations que si l'on ne connaît pas le domaine.

Avant de pouvoir étudier ces nouvelles questions et tenter de mettre en œuvre ces hypothèses, je vais dans le présent document proposer une synthèse des résultats et des questions qui m'ont occupé ces dernières années. Le fait que ces activités humaines avec des documents électroniques soient récentes influence fortement les travaux qui vont être présentés. En effet, étudier des activités humaines nouvelles requiert des aménagements voire la création de méthodes. Une bonne part de mon travail a été de contribuer à la conception de méthodes d'investigation et d'analyse de nouvelles données.

## **1.2 Présentation du mémoire**

Dans le domaine des apprentissages, j'aborde deux questions principales. A quels apprentissages les documents électroniques peuvent-ils être utiles ? Quels processus cognitifs sont impliqués par l'utilisation de documents électroniques dans des situations d'apprentissages ?

Dans le domaine de la recherche d'information, je présente deux séries de travaux : la description des tâches de recherche d'information, avec une attention particulière pour la notion de besoin d'information ; la modélisation de l'activité humaine de recherche d'information dans des documents électroniques, qui tente d'articuler des aspects de cette activité assimilables à la résolution de problèmes et d'autres à la compréhension de documents.

A l'issu de ces deux premières parties, je présente une première tentative de synthèse mettant en relation recherche d'information et apprentissages. Il s'agit, de fait, de l'ébauche de mon programme de recherches futures.

A ces deux parties théoriques succède une partie appliquée à la conception et à l'évaluation de documents électroniques. Cette partie appliquée montre la visée ergonomique de mes travaux. En outre, elle traduit ma forte implication dans la « recherche et développement ». A propos de conception, je défends une approche cognitive et ergonomique de l'ingénierie pédagogique. Quelques principes sont proposés, deux exemples de mise en œuvre sont rapportés. Ma contribution sur l'évaluation est surtout méthodologique. J'essaie de définir quelles catégories de variables utiliser quand on évalue un document électronique pour l'apprentissage, et surtout un cadre pour interpréter les relations entre ces variables.

Implémenter des travaux psychologiques dans le domaine de la conception ou de l'évaluation de documents électroniques pour l'apprentissage est un reflet de mon activité professionnelle en général. Ma carrière d'enseignant chercheur s'est déroulée jusqu'à présent en IUFM. Enseigner la psychologie à des enseignants ressemble assez peu à l'enseignement pour des étudiants en psychologie, activité que j'ai pratiquée pendant les années de monitorat puis d'ATER. La formation professionnelle des enseignants implique de transformer des connaissances psychologiques en des connaissances qui permettent de mieux comprendre et/ou de mieux agir dans des situations d'enseignement. Au cours de ces années, j'ai donc souvent mis des connaissances psychologiques à l'épreuve de l'activité professionnelle. Ce mode de validation des connaissances n'a ni le côté circulaire de l'enseignement universitaire, où l'on évalue l'acquisition des connaissances que l'on enseigne, ni la rigueur du test d'hypothèses réfutables.

## **2 Utilisation de documents électroniques dans des situations d'apprentissages**

Quand un individu apprend par le biais de documents électroniques, quels processus cognitifs met-il en œuvre ? Ces processus sont-ils spécifiques ? Est-il possible de favoriser leur mise en œuvre ? Voici les trois questions principales qui m'ont occupées ces dernières années et que j'aborde dans cette partie. La façon d'étudier ces questions a évolué au cours de ces dix dernières années et j'ai adopté une façon particulière d'étudier ces questions. Je considère les documents électroniques comme ayant un statut tout à fait nouveau dans l'histoire des documents et comme n'ayant quasiment aucun rapport avec les environnements informatiques au sens de « logiciels » ou « d'environnements intelligents ». Je défends le point de vue selon lequel apprendre par le biais de documents électroniques implique la mise en œuvre de deux activités différentes : la réalisation de l'apprentissage et l'utilisation du document. Enfin, je pense que les processus cognitifs impliqués dans la réalisation de l'apprentissage, tout comme ceux impliqués dans l'utilisation du document, sont différents selon l'apprentissage visé. Si l'on est capable de décrire les processus cognitifs impliqués dans une situation d'apprentissage, il est probable que l'on pourra trouver dans la littérature psychologique des moyens de favoriser la mise en œuvre de ces processus. Mettre en œuvre ces moyens de favoriser l'apprentissage dans ces situations constitue selon moi une ergonomie des documents pour l'apprentissage.

Cette partie présente d'abord quelques considérations générales sur les apprentissages, sur les documents et sur l'ergonomie des apprentissages. À l'issue de ces trois premiers chapitres, je défends l'intérêt d'une catégorisation des situations d'apprentissage, qui me permet d'étudier quelques processus cognitifs impliqués dans les apprentissages, en particulier quand ceux-ci peuvent être réalisés par le biais du traitement de documents. Je présente quelques-unes de mes contributions empiriques à l'étude cette question, ainsi que celles d'autres chercheurs. Ces contributions empiriques ainsi que le cadre théorique que j'utilise (celui de la charge cognitive) me conduisent à adopter la position suivante : pour fonder une ergonomie des documents pour l'apprentissage, il faut considérer que dans une situation d'apprentissage il y a des buts d'apprentissage (des connaissances à construire) et des moyens d'apprentissages (la réalisation d'une tâche, dont l'utilisation d'un document). Je montre que l'on peut analyser la littérature empirique selon cette perspective, sous réserve que l'on admette qu'il existe différentes relations possibles entre moyens et buts d'apprentissage. Ceci me conduit à proposer une approche ergonomique des apprentissages applicable aux documents : c'est en favorisant la mise en œuvre des moyens d'apprentissage que l'on peut favoriser l'atteinte du but d'apprentissage.

## 2.1 Les apprentissages humains

Les systèmes biologiques ont appris quelque chose quand ils sont capables de réutiliser une trace d'un environnement dans le même ou un autre environnement, ultérieurement. Ces traces peuvent avoir pour source un événement, une différence, un signe, etc. Chez les êtres humains, ces traces sont souvent dans un registre cognitif, assez élaboré et codé : souvenirs, mais aussi interprétations, concepts, savoir-faire, méthodes, etc. Parfois même ces traces cognitives sont plus le fait d'un projet de l'être humain sur son environnement ou sur lui-même, que d'un aspect de l'environnement extérieur au contrôle du sujet. Quelquefois, les environnements d'apprentissage sont conçus par des êtres humains : on parle alors d'enseignement (Tricot, 2003).

Apprendre est une activité humaine particulièrement étudiée par la psychologie depuis ses origines dans la seconde moitié du XIX<sup>e</sup> siècle. Je ne tente pas ici d'élaborer la moindre synthèse sur la question. Je voudrais juste poser quelques jalons utiles à la compréhension des chapitres qui vont suivre.

Premièrement, j'adhère complètement à la proposition d'Anderson (2000) selon lequel la psychologie se doit d'avoir une approche intégrée de la mémoire et des apprentissages. La différence entre ces deux notions est d'abord due à une évolution des paradigmes, le béhaviorisme se devant de remplacer l'étude de la mémoire par celle de l'apprentissage. Ces deux termes désignent une seule et même fonction, qu'à la suite de Schacter (1999) on pourrait décrire comme une fonction adaptative de l'humain à son environnement. Une particularité de l'être humain est que cet environnement est bien entendu naturel (il obéit aux lois de la nature), mais aussi émotionnel, technique, social, culturel, bref symbolique. J'utilise le terme de fonction adaptative dans un sens darwinien, à la suite d'Anderson et Milson (1989), Changeux et Dehaene (1989), Edelman (1987), Klein, Cosmides, Tooby et Chance (2002), Sperber (1994), Sweller (2003) et de nombreux autres. Notre système cognitif naturel se développe selon un modèle de variation – sélection. La genèse d'une diversité de formes internes au système cognitif précède la sélection de la forme adéquate (la connaissance). La fonction mémoire – apprentissage est donc largement inhibitrice : pour être efficace la fonction inhibe les souvenirs et les connaissances probablement inutiles dans la situation. Cette hypothèse d'un fonctionnement inhibiteur est aujourd'hui largement partagée par les spécialistes des apprentissages (Bastien, 1997), du développement (Houdé & Guichart, 2001), de la mémoire à long terme (Schacter, 1999 ; Tipper, Grison & Kessler, 2003), de la mémoire de travail (Conway & Engle, 1994), des épreuves de rappel (Sahakyan & Kelley, 2002) ou des tests de mémoire implicite (Perfect, Moulin, Conway & Perry, 2002). Je reformule donc : la mémoire et l'apprentissage désignent une fonction adaptative largement inhibitrice de l'humain à son environnement naturel et symbolique. Bref, pour comprendre ce qu'apprend – mémorise un humain dans une situation il faut d'abord décrire ce que serait l'apprentissage le plus adapté, le plus rationnel, dans cette situation (et dans les situations auxquelles sera ultérieurement confronté ce

sujet), en fonction des contraintes et des buts des situations (présentes et futures) et du sujet humain. Dans un second temps, on peut chercher les limites de cette rationalité, notamment du côté de l'interprétation que le sujet fait de la situation (Bastien, 1987) et de sa limitation à traiter de nombreuses informations nouvelles (par ex. Anderson, 1990 ; Sweller, 2003, sous presse). Je reviendrais largement sur ce dernier aspect.

Deuxièmement, j'adopterais aussi dans ce mémoire la distinction entre l'apprentissage implicite et l'apprentissage explicite. Selon Perruchet et Nicolas (1998), l'apprentissage implicite est un « mode d'adaptation dans lequel le comportement d'un sujet apparaît sensible à la structure d'une situation, sans que cette adaptation ne soit imputable à l'exploitation intentionnelle de la connaissance explicite de cette structure. Il ne s'agit pas d'affirmer l'absence de toute connaissance explicite, mais seulement de souligner que l'adaptation comportementale ne repose pas sur l'exploitation intentionnelle de cette connaissance ». L'apprentissage de nombreuses fonctionnalités des documents électroniques semble en effet relever de l'implicite. Dans une étude en cours, nous sommes en train d'observer que certains étudiants usagers du Web, donc confrontés à un environnement relativement stable -leur navigateur- réalisent certaines recherches documentaires en exploitant les fonctionnalités du navigateur. Pour autant, ils reçoivent leur premier enseignement à l'utilisation des moteurs de recherche dont ils ne savent pas très bien, voire pas du tout, comment ils fonctionnent. Ils savent les utiliser. Ces mêmes étudiants n'ont pas non plus conscience qu'il existe des annuaires, des portails et des moteurs de recherche, même s'ils savent utiliser ces trois outils... sans véritablement les différencier.

Troisièmement je tente dans ce mémoire d'être précis dans la distinction entre apprentissage et développement de l'expertise. L'apprentissage décrit un processus général, aussi bien à court terme (quelques secondes) qu'à long terme (quelques années). L'expertise décrit un état des connaissances suite à un apprentissage long : plusieurs années. Quand je ne précise pas, j'utilise ici le seuil de dix années d'apprentissage et/ou de pratique régulière pour désigner l'expertise, sans jugement sur la valeur de cette expertise. Enfin, j'emploie le terme de super expert quand l'individu en question est capable de résoudre des problèmes professionnels que la majorité des personnes exerçant cette profession ne parvient pas à résoudre (aussi bien, aussi vite, avec aussi peu d'erreurs).

Ces quelques généralités sur l'apprentissage humain étant posées, je vais maintenant aborder les documents et leur utilisation. Je vais en particulier tenter de définir les documents comme artefacts cognitifs et insister sur la place importante qu'occupe la compréhension dans mon questionnement.

## 2.2 Les documents et leur utilisation

Il y a sans doute quelques dizaines de milliers d'années que les êtres humains sont amenés, dans leurs activités quotidiennes, à comprendre (ou à essayer de comprendre) des discours tenus par d'autres êtres humains. Si l'on a une conception assez large de la notion de discours, alors les êtres humains partagent cette activité de compréhension avec d'autres animaux. Comprendre un discours c'est se représenter quelque chose qui n'est pas nécessairement là mais qu'un congénère veut me faire partager (comme un danger, une source de nourriture).

Plus récemment, les êtres humains ont inventé les documents, c'est-à-dire des supports pour des discours, qui, à leur tour, peuvent être traités même quand l'auteur du discours n'est pas là. L'usage veut que l'on ne parle pas de compréhension de documents mais de compréhension de l'ensemble des signes inscrits sur le document : compréhension de texte par exemple.

La compréhension du discours et la compréhension du texte sont des activités humaines qui intéressent de nombreuses disciplines au sein des sciences cognitives. Il semble qu'il n'y ait pas d'oppositions fondamentales sur le fait que comprendre est bien une activité du sujet humain, et sur les trois distinctions suivantes :

- lire et comprendre : la première activité relève du décodage d'informations linguistiques écrites tandis que la seconde relève du traitement du contenu de ces informations linguistiques et plus largement du traitement de l'intention de l'auteur du texte ;
- comprendre des images et comprendre un texte : le statut du code est différent dans l'image et dans le texte, mais la finalité reste la même, c'est-à-dire élaborer une représentation du contenu ;
- comprendre pour comprendre et comprendre pour en faire autre chose : la première activité est sans doute un peu abstraite, peu présente dans la vie courante, la seconde omniprésente : on comprend une recette de cuisine pour réaliser un mets, on comprend des horaires de train pour réaliser un voyage, on comprend un roman pour avoir une émotion, pour comprendre le monde, etc.

Historiquement, les choses se compliquent un peu quand l'auteur change de support, de média. Est-ce que comprendre un roman d'aventure et un film d'aventure est bien la même activité ? A cette question il est certain qu'une réponse unanime n'existe pas. Mais une question vraiment difficile apparaît avec les hypermédia, c'est-à-dire avec :

- la généralisation du support électronique ;

- une intégration des modalités de traitement (plus encore qu'au cinéma ou à la télévision, on voit des images, on entend des discours en même temps qu'on lit des textes),
- un changement de structure, l'état du document à l'instant  $t$  dépendant d'une décision et d'une action prise par l'utilisateur du document à l'instant  $t-1$  (comme dans les romans dont vous êtes le héros) ;
- et surtout un changement de statut, les documents étant reliés entre eux, pouvant être enrichis par leurs utilisateurs, etc.

Avec l'accès en ligne, le sujet humain et le document n'ont plus besoin d'être co-présents pour que le premier traite le second. En bref, avec le discours c'est le référent qui peut être absent. Avec le document c'est l'émetteur qui peut être absent. Avec le document électronique en ligne c'est le document qui peut être absent (pour être plus précis on pourrait dire que le document source est absent, le lecteur traite une actualisation du document).

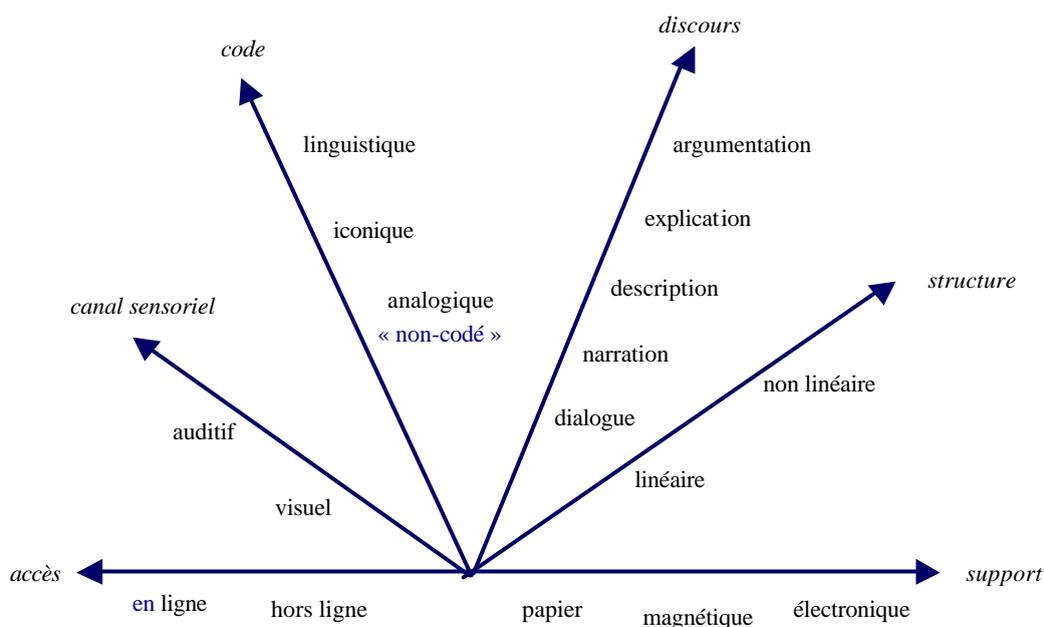


Figure 1. Qu'est-ce qu'un document ?

La structure non-linéaire, le support électronique, l'accès en ligne (Figure 1) et plus généralement l'aspect réactif et dynamique du document, permettent-ils l'émergence de nouveaux discours ? En quoi l'activité de compréhension de documents classiques est-elle modifiée ? Ces questions sont posées depuis une quinzaine d'années (Streitz, Hanneman & Thüning, 1989 ; Rouet, 1990 ; Moulthrop, 1989 ; Grice, 1989 et plus généralement : Barrett, 1989 ; Hypertext'87). De façon plus radicale encore, ces documents ne sont-ils pas en train de redéfinir les statuts même d'auteur et de lecteur au profit du statut unique

d'utilisateur (Nelson, 1972) ? Pour ce dernier, l'utilisateur de l'hypertexte ou de l'hypermédia devrait être beaucoup plus que ce qu'il est aujourd'hui. Pour Nelson, l'utilisateur « crée de nouvelles structures textuelles associatives ». Mais pour Nelson, « créer » s'entend dans un sens physique, pas seulement mental. Les utilisateurs des hypertextes définis par Nelson sont des lecteurs et des auteurs de textes, des auteurs de commentaires de textes et de structures textuelles associatives associant les textes de l'utilisateur et ceux d'autres utilisateurs. Nelson indique évidemment que ces idées sont toutes issues du texte de Bush (1945). Ce dernier, comme Engelbart (1962), avait pour objectif de concevoir des technologies capables d'augmenter le potentiel intellectuel des êtres humains. Les mémoires artificielles sont conçues par ces auteurs comme des extensions des mémoires naturelles.

Je viens d'écrire que les documents sont des supports de la compréhension sans présence de l'auteur, voire, avec les hypertextes, sans la présence du document lui-même. Les questions que soulève cette activité de compréhension ont une quinzaine d'années. Il est même très probable qu'elles sont en deçà de l'activité que les utilisateurs d'hypertextes « véritables » (et non pas réalisés actuellement) pourront avoir un jour.

Pour une large part, l'apprentissage à partir de documents implique que l'apprenant comprenne le contenu du document. En sciences cognitives, le thème de la compréhension de documents électroniques intéresse, entre autres, la psychologie de la compréhension, la linguistique textuelle, l'informatique documentaire, l'ergonomie des interactions humains-machines. La compréhension concerne d'abord les travaux centrés sur l'utilisateur. On étudie en particulier les effets de la multimodalité (textes lus ou entendus, images fixes ou animées, sons) ainsi que ceux de la mise en forme matérielle du document sur la compréhension. Des difficultés importantes sont rencontrées dans la modélisation du processus de compréhension des documents hypermédias, aucun cadre n'ayant à l'heure actuelle réussi à rendre compte de façon précise de l'ensemble des effets attestés. Il semble en outre que, pour un sous-ensemble des hypermédias, il faille rendre compte de l'articulation entre l'activité de compréhension et celle de recherche d'information, en modélisant notamment le traitement cognitif des fonctionnalités du document. Ces travaux centrés sur l'utilisateur doivent de plus en plus prendre en compte la compréhension de documents hypermédias produits automatiquement ou semi-automatiquement. On étudie en particulier la description et la génération d'objets composant un hypermédia, l'architecture de l'information, la description et la compatibilité de modèles de documents et de discours, etc. La compréhension étant rarement une activité non finalisée, de nombreux travaux sont consacrés à la compréhension de documents hypermédias en contexte (d'apprentissage, de travail, de loisir, etc.). L'évaluation de la compréhension de documents hypermédias est, enfin, un thème qui se développe. D'une part parce que les protocoles classiques d'évaluation de la compréhension de discours semblent limités et, d'autre part, parce que l'évaluation de l'utilisabilité des documents hypermédias est un enjeu fort.

L'apprentissage humain, tout comme la conception et l'utilisation de documents sont donc des thèmes particulièrement importants au sein des sciences cognitives. Il est très probable que les recherches autour du document se développeront encore. La question qui m'intéresse plus particulièrement est ergonomique : comment améliorer la conception et l'utilisation de documents électroniques pour l'apprentissage ? Avant d'aborder cette question, je vais montrer comment, en général, l'ergonomie traite des apprentissages. Ensuite j'argumenterai qu'une ergonomie des documents pour l'apprentissage implique que l'on sache décrire et catégoriser les situations d'apprentissage dans lesquelles les documents sont utilisés.

### **2.3 Ergonomie et apprentissages**

L'ergonomie est une discipline qui rassemble des connaissances permettant l'amélioration de la conception et de l'évaluation des situations de travail et des outils. L'expression « rassemble des connaissances » est à prendre, selon moi, dans un sens large : non seulement l'ergonomie produit des connaissances, mais elle en importe d'autres disciplines, elle les transforme, pour les rendre utiles à l'amélioration du travail. On précise parfois qu'il s'agit d'ergonomie cognitive quand le travail en question est cognitif. J'admets le fait que les activités d'apprentissage puissent être considérées comme relevant du travail. Il pourrait donc sembler naturel qu'une partie des travaux en ergonomie cognitive soit consacrée à l'amélioration des situations d'enseignement ou de formation. Mais cette partie de l'ergonomie est, de fait, peu développée, si on la compare à l'ergonomie des processus industriels ou du pilotage d'avion. On trouvera une discussion des raisons de ce faible développement et des propositions pour avancer dans le domaine chez Boucheix (sous presse) en ce qui concerne la formation professionnelle et chez Rogalski (2001) en ce qui concerne l'enseignement.

Voici, selon moi, les courants principaux de l'ergonomie appliquée à la formation ou à l'enseignement :

- Comprendre la situation de travail pour concevoir la formation professionnelle, voire, comprendre les compétences en œuvre dans la situation de travail pour concevoir la formation professionnelle : pour Boucheix (sous presse), c'est le courant classique de l'ergonomie appliquée à la formation, (Bisseret & Enard, 1970 ; de Montmollin, 1974)
- Comprendre l'activité et/ou la situation de formation ou d'enseignement pour les améliorer : c'est un courant que je situerais à l'intersection des didactiques et de l'ergonomie (voir Rogalski, 2000). Cette catégorie est, comme les autres, tout à fait discutable. En effet, si l'on situe les didactiques scolaires ou professionnelles du côté de la modélisation des connaissances mises en jeu dans le processus d'enseignement ou de formation, pour améliorer ce

processus et donc la transmission des connaissances, alors ce courant est bien à l'intersection des didactiques et de l'ergonomie. Si, en revanche, on défend une approche anthropologique des didactiques, prenant en compte les connaissances, la communication, les tâches, l'espace et le temps (Chevallard, 1999 ; Sensevy, 2001) alors didactique et ergonomie de l'enseignement sont synonymes.

- Concevoir des outils qui simulent les outils ou les situations professionnelles pour former les opérateurs (de Keyser & Samurçay, 1998 ; Samurçay & Rogalski, 1998).
- Aider à concevoir des systèmes de formation utilisables, voire qui respectent le déroulement de l'activité d'apprentissage. Par exemple, les travaux de Laurillard et ses collègues du projet MENO (Laurillard et al., 1998) aboutissent à des recommandations pour la conception. La démarche proposée consiste à décrire les principales «étapes» ou «activités cognitives» d'une démarche d'apprentissage et à proposer, pour chaque étape, le type d'*affordance* à concevoir. On pourrait ranger dans cette catégorie certains des travaux de Preece (Gasen & Preece, 1996 ; Squires & Preece, 1996), qui, à partir de l'analyse de l'utilisation et de l'utilisabilité d'environnements informatiques pour l'apprentissage humain (EIAH), notamment collaboratifs et en ligne, propose des recommandations de conception en termes d'IHM.

Activités d'apprentissage	Affordance
Clarifier l'objectif général	Affichage du but
Décider de sous-buts	Choix d'options
Décider d'une action	Menu d'activités
Interpréter le feedback	Données multimédia
Réviser ses actions	Présentation de la réponse
Interpréter le feedback révisé	Données multimédia
Confronter aux sous-buts	Maintient de l'affichage du but (pense-bête)
Formuler la réponse	Éditeur, bloc note, carnet
Affiner la réponse	Présentation de la réponse

Tableau 1. Activités d'apprentissage et *affordances* correspondantes (Laurillard et al., 1998)

- Comprendre l'activité des apprenants en situation d'apprentissage, notamment quand ils utilisent des outils comme les documents, pour améliorer la mise en œuvre de cette activité. Par exemple, O'Malley et son équipe (Ainsworth et O'Malley 1998 ; O'Malley 1992) utilisent les théories et les méthodes de la

psychologie (sur le thème des processus d'apprentissages collaboratifs en binôme, dans une perspective développementale et cognitive) pour la conception, l'utilisation et l'évaluation d'environnements informatiques pour l'apprentissage collaboratif humain (EIACH). Même si des auteurs comme Fayol ou Gombert ne se réclament sans doute pas de l'ergonomie, on peut considérer qu'ils sont à inscrire dans ce courant, puisque à partir de l'analyse fine des processus impliqués dans le traitement de la tâche d'apprentissage (en lecture, en arithmétique, ...), ils proposent des améliorations de la conception ou de la régulation de la tâche d'apprentissage par l'enseignant (voir en particulier Gombert et al., 2000). Boucheix (sous presse) est parti de la même démarche, pour l'appliquer au domaine de la formation professionnelle (cette même démarche, transposée du domaine scolaire à celui de la formation professionnelle continue est alors clairement affiliée à l'ergonomie). Je range bien entendu les travaux de Sweller (1999) et de Mayer (2001) dans cette catégorie.

C'est aux deux derniers courants de ma liste que je m'intéresse plus particulièrement. Or analyser en quoi les documents électroniques peuvent être utiles pour certains apprentissages, en quoi on peut en améliorer la conception et l'utilisation, ne peut pas constituer un objectif général. Les résultats dans le domaine sont trop contradictoires (Bruillard, 1997 ; Dillon & Gabbard, 1998) pour que l'on puisse raisonnablement envisager une approche qui ferait abstraction des situations, des contenus, des particularités des apprenants. Il semblerait donc naturel dans le domaine des documents électroniques pour l'apprentissage, d'adopter une approche didactique. Mais mon projet se distingue des didactiques sur un point : je tente de faire abstraction des contenus, essayant de mettre en évidence des effets liés aux situations d'apprentissage et aux connaissances des apprenants. Une ergonomie des documents pour l'apprentissage passe par une description des situations d'apprentissage. C'est l'objet de la partie suivante.

## **2.4 Vers une catégorisation des situations d'apprentissage**

Il existe une littérature importante, depuis plusieurs dizaines d'années, sur la description et la catégorisation des situations d'apprentissage, en se centrant parfois sur les objectifs d'apprentissage, parfois sur les processus, parfois sur les instruments, etc. Dans le domaine des environnements informatiques pour l'apprentissage humain, De Vries (2001) par exemple, a mis en relation des fonctions pédagogiques, des tâches à réaliser par l'apprenant, des connaissances, avec des types de logiciels et des théories de l'apprentissage (tableau 2).

Fonction pédagogique	Type de logiciel	Théorie	Tâche	Connaissances
Présenter de l'information	tutoriel	cognitiviste	lire	présentation ordonnée
Dispenser des exercices	Exercices répétés	behavioriste	faire des exercices	association
Véritablement enseigner	Tuteur intelligent	cognitiviste	Dialoguer entre autres	représentation
Captiver l'attention et la motivation de l'élève	jeu éducatif		jouer	
Fournir un espace d'exploration	hypermédia	Cognitiviste constructiviste	explorer	présentation en accès libre
Fournir un environnement pour la découverte de lois naturelles	simulation	constructiviste	manipuler, observer	modélisation
Fournir un environnement pour la découverte de domaines abstraits	Micro-monde	constructiviste	construire	matérialisation
Fournir un espace d'échange entre élèves	apprentissage collaboratif	cognition située	discuter	construction de l'élève

Tableau 2. Huit fonctions pédagogiques et leurs caractéristiques, De Vries (2001)

A partir de l'analyse de situations d'enseignement, Elshout-Mohr, Van Hout-Wolters et Broekkamp (1999) ont proposé une catégorisation mettant en relation la situation d'apprentissage avec le but d'apprentissage envisagé. Cette catégorisation est fondée sur la distinction entre :

- Les savoirs et les savoir-faire : les savoirs sont des connaissances déclaratives, verbalisables par les sujets, les savoir-faire sont des connaissances procédurales, mobilisables dans l'action.
- La cognition et la méta-cognition : la méta-cognition est la cognition sur la cognition, elle est surtout mise en œuvre à travers les activités de planification, de contrôle et de régulation.
- Les transferts importants des transferts directs : un transfert direct s'applique d'une situation d'apprentissage vers une situation analogue, très proche ; un transfert est important quand les deux situations sont très sensiblement différentes.
- La reproduction et la production : en situation de reproduction on demande à l'apprenant de « refaire », en respectant les traits de surface de la situation d'apprentissage ; en situation de production, on demande à l'apprenant de « faire » quelque chose, qui n'a pas forcément grand chose à voir avec la situation d'apprentissage.

Situation d'apprentissage	Objectif d'apprentissage
Apprendre « par cœur » : des faits, des savoirs encyclopédiques, par un traitement attentif	Utilisation des savoirs acquis en situation de reproduction
Construire des savoirs conceptuels par un traitement profond	Utilisation des savoirs acquis en situation de production
Construire des savoirs d'un plus haut niveau en alternant décontextualisation et recontextualisation	Utilisation des savoirs acquis en situation de production, ou qui implique un transfert important
Développer des routines autonomes en s'exerçant	Utilisation des routines acquises en situation de reproduction
Acquérir des savoir-faire cognitifs par une pratique systématique	Utilisation des savoir-faire acquis en situation de production
Développer de l'expertise par le contact avec des experts	Utilisation des savoir-faire acquis en situation de production, ou qui implique un transfert important
Acquérir des savoirs méta cognitifs par la réflexion	Utilisation des savoirs méta cognitifs acquis en situation de production, ou qui implique un transfert important
Acquérir des savoir-faire d'auto régulation par l'auto évaluation	Utilisation des savoir-faire méta cognitifs acquis en situation de production, ou qui implique un transfert important

Tableau 3. La catégorisation de Elshout-Mohr et al. (1999)

L'approche que je défends ici a été proposée la première fois par Tricot, Pierre-Demarcy et El Boussarghini (1998, 2000). Elle est présentée ici dans une version très sensiblement modifiée.

(a) Il existe différents buts d'apprentissage que l'on peut décrire en fonction :

- Des formats de connaissances à acquérir. Le format de la connaissance visée implique des processus d'apprentissage différents (Anderson, 2000). Je propose de distinguer : un savoir-faire destiné à devenir un automatisme, par exemple un geste technique, une table de multiplication ; une méthode, c'est-à-dire savoir-faire devant rester contrôlé, par exemple une méthode de diagnostic ou une procédure de résolution d'incidents ; un savoir conceptuel, par exemple la notion de force ou la Loi d'Ohm ; un savoir technologique, par exemple le multiplexage ou un *firewall*.
- Des connaissances antérieures de l'apprenant. Cette connaissance à acquérir peut être radicalement nouvelle, ou reliée à une connaissance antérieure (avec modification de cet existant ou non), ou alors relever de la révision (du renforcement, de l'automatisation). Une littérature très importante montre que les caractéristiques de la situation d'apprentissage à concevoir sont différentes selon ce degré de nouveauté. Par exemple, une connaissance radicalement

nouvelle est mieux acquise si la situation présente de la redondance que si elle n'en présente pas. Mais cette même situation ne devra pas présenter de redondance si les apprenants possèdent déjà la connaissance et qu'il s'agit d'une simple révision (Kalyuga, Ayres, Chandler & Sweller, 2003).

(b) Il existe trois grands types de situations d'apprentissage décrites par différentes théories de l'apprentissage : apprentissages par l'action, par instruction et par la découverte. Dans les apprentissages par l'action (Anzai & Simon, 1979), l'apprenant doit résoudre un problème (atteindre un but dans une situation où il ne sait pas immédiatement atteindre ce but), puis éventuellement répéter l'exécution d'une action pour l'affiner, la rendre plus efficace (voire l'automatiser). Dans les situations de résolution de problème, un aspect important de l'activité des sujets consiste à explorer l'espace-problème. Cette activité consiste, au niveau physique à manipuler le matériel donné dans la situation, et au niveau cognitif, à appliquer un certain nombre de règles de raisonnement admises dans la situation pour voir en quoi cette situation se transforme et en quoi l'état du problème se rapproche ou non de l'état final. Cette exploration de l'espace-problème consiste donc largement à tester des hypothèses émises à partir de la représentation initiale du but à atteindre. On admet généralement qu'il y a quatre grandes catégories de résolution de problèmes, dont l'espace-problème est soit fini, soit non fini, et dont le but est soit bien, soit mal défini. Les situations où l'espace-problème est non fini, et où le but est mal défini sont, de loin, les moins étudiées dans des contextes d'apprentissage, si l'on excepte la tradition des travaux de la psychologie ergonomique (voir par exemple les thèses de Vion, 1993 et Wagemann & Percier, 1995). Pour l'essentiel, les apprentissages par instruction sont assimilés, en psychologie cognitive, aux apprentissages à partir de texte, c'est-à-dire, de fait, à l'activité de compréhension de textes (linéaires ou non, auxquels sont adjointes ou non des images). Il n'y a donc pas à proprement parler en psychologie cognitive de théorie des apprentissages par instruction<sup>1</sup>, si ce ne sont celles de la compréhension de textes, et plus récemment de la compréhension de documents associant textes et images (Mayer, 2001). A partir d'une activité de lecture ou

---

<sup>1</sup> Sur ce point, la psychologie cognitive a semble-t-il souvent préféré décrire les apprentissages à partir des connaissances acquises (connaissances déclaratives *versus* connaissances procédurales), ou à partir des processus de construction des connaissances, qu'à partir des situations d'apprentissage. Ainsi, les théories de l'apprentissage par l'action, où l'interaction entre l'enseignant et l'élève peut être très réduite, constituent un véritable champ de recherche depuis plus de vingt ans tandis que les théories de l'apprentissage par l'instruction ne sont quasiment pas étudiées par elles-mêmes en psychologie cognitive (quelques exceptions mériteraient d'être discutées, comme celles que constitue la théorie de la flexibilité cognitive de Jacobson et Spiro, 1995). Cette place correspond à celle des didactiques. Il est toutefois délicat, sur ce point précis, de considérer que la recherche en France a les mêmes caractéristiques que la recherche internationale. Le champ du *instructional design* est particulièrement bien développé au niveau international, mais sur des bases souvent différentes de celles des didactiques en France. En outre, quelques auteurs travaillent à la fois en psychologie des apprentissages et en *instructional design*. C'est le cas notamment de Sweller et de Mayer. Mais, à des très rares exceptions près, ils ne traitent pas de situations d'apprentissage. Ils traitent de matériels.

d'écoute donc (codage du sens du texte et production d'inférences), l'apprenant élabore un modèle de la situation décrite par le texte. Cette activité diffère de l'activité de résolution de problème en ce sens que le sujet n'explore pas un espace-problème ; il suit un cheminement très largement déterminé à l'avance (par un autre, *i.e.* l'auteur, l'enseignant). Le sujet ne transforme pas non plus la situation étudiée. Les situations d'apprentissages par découverte sont, selon moi, et dans un sens différent de celui de Bruner, ces situations où l'espace-problème est non fini, et où le but est mal défini (l'élaboration d'une représentation du but, d'un plan d'actions, la production d'hypothèses y sont donc importantes), et où la compréhension tient un rôle central. C'est le cas par exemple de certains travaux pratiques où les élèves doivent élaborer un dispositif expérimental à partir de leur propre hypothèse, de la préparation d'un exposé au collège, des « travaux personnels encadrés » au lycée, d'un projet dans les écoles d'ingénieurs, de certaines *webquests*, etc. Par apprentissage par découverte je décris donc un type de situation, et non, comme il est plus courant de le faire, un processus d'apprentissage mobilisant essentiellement l'induction (par ex. Wilhelm & Beishuizen, 2003).

(c) Toute situation d'apprentissage mobilise à des degrés divers des activités mentales en nombre limité. Ces activités sont descriptibles. Il s'agit de la compréhension, du transfert analogique, de l'induction, de la conceptualisation, de la prise de conscience, de la généralisation, de l'assimilation, et, enfin, de la formulation et du test d'hypothèse. D'autres activités comme la compilation, la procéduralisation, l'automatisation, les essais et erreurs ou la répétition peuvent aussi être impliquées dans des apprentissages, mais plus spécifiquement pour des formats procéduraux de connaissance. Je reviendrais par la suite (2.5.2) sur une description de ces activités.

(d) Toute tâche scolaire est en principe une situation d'apprentissage ; toute tâche scolaire et plus généralement toute situation d'apprentissage peut être décrite en fonction des activités mentales qu'elle mobilise.

(e) Il est possible de définir des aides aux activités mentales qui aient une certaine pertinence dans les différentes situations ou pour les différentes tâches ; concevoir un document pour l'apprentissage revient à mettre en œuvre des aides à la mobilisation des activités mentales impliquées par l'apprentissage visé.

L'être humain apprend rarement seul. D'abord parce qu'il est souvent nécessaire qu'un tiers porteur d'une intention didactique soit présent. Ensuite parce qu'il y a d'autres apprenants, qui co-apprennent. Dans le reste de ce mémoire, je considérerai cet aspect (le co-apprentissage) comme négligeable. Non qu'il le soit, mais parce que l'ensemble des problèmes à étudier dans le domaine des apprentissages avec document est suffisamment vaste comme cela pour que je n'y rajoute une dimension.

## 2.5 Processus cognitifs impliqués dans les apprentissages

### 2.5.1 La théorie de la charge cognitive, une théorie de la cognition adaptative

La théorie de la charge cognitive est un cadre que j'utilise depuis le début de mes travaux, sans pour autant croire que la *notion* de charge cognitive n'est valide, pas plus que la notion de charge mentale en ergonomie (Tricot & Chanquoy, 1996). La théorie de la charge cognitive est une théorie de l'apprentissage, assez simple, réfutable. Plusieurs centaines d'expérimentations ont été publiées dans le cadre de cette théorie, par Sweller et son équipe de l'Université de New South Wales, par de nombreux autres laboratoires à travers le monde. Après Bétrancourt (1992, 1996), j'ai contribué à faire connaître cette théorie en France (Tricot, 1998). Au départ, son intérêt réside dans le fait qu'il s'agit d'une théorie de l'apprentissage par enseignement, qui redit, après d'autres, quelque chose d'aussi simple que fondamental : parfois, la réalisation de la tâche d'apprentissage, le traitement du matériel qui la compose, sont tellement coûteux cognitivement que si l'individu consacre toutes ses ressources cognitives à la réalisation de la tâche, il ne lui en reste plus pour apprendre, donc il n'apprend pas. En réduisant le coût imposé par la réalisation de la tâche, soit par une modification de la tâche, soit par une modification du matériel, on libère des ressources cognitives et donc on permet l'apprentissage. Ne pourrait-on donc pas dire qu'il s'agit d'une théorie d'ergonomie pédagogique ? Et la communauté des didacticiens a probablement du mal à trouver cette théorie intéressante car Sweller tente de mettre à jour des principes transdisciplinaires de conception de situations d'apprentissage, aussi bien adaptés à l'enseignement des mathématiques, qu'à celui de la physique, de l'électricité, de l'informatique, etc. Récemment, Sweller (2003) a donné une nouvelle dimension à sa théorie, à la fois plus profonde et plus générale. Je vais présenter cette dernière version de la théorie. Puis, je rappellerai les principaux apports de la théorie au domaine du *design* pédagogique.

La question à laquelle la théorie répond est la suivante : quels sont les avantages, d'un point de vue évolutif, pour que les humains disposent d'une mémoire de travail (MDT), qui requiert une grande mémoire à long terme (MLT) pour atteindre son efficacité maximale dans le traitement de l'information, mais qui a des difficultés à traiter des informations nouvelles non présentes dans la MLT ?

Selon Sweller, quand l'information traitée est nouvelle, la MDT ne possède pas d'administrateur central pour coordonner le traitement de cette information nouvelle. La MDT devient efficace quand elle traite des items déjà appris car ces connaissances peuvent agir comme administrateur central. La MLT est très grande pour maximiser les circonstances dans lesquelles la fonction de processeur central sera disponible. Dit autrement : depuis Miller (1956) et le modèle de Baddeley (1986) les spécialistes de la mémoire à court terme (MCT) puis de la MDT utilisent des tâches où les sujets doivent traiter des informations nouvelles pour eux. Les raisons de ce choix sont probablement au départ méthodologiques. Il en

résulte une conception de la MDT comme ayant une capacité limitée de traitement, à la fois en quantité et en temps. Pourtant la MDT n'est pas limitée quand le sujet traite des informations bien connues de lui (Ericsson & Kintsch, 1995). Des schémas sont disponibles en MLT, sortes d'éléments fonctionnels de base de la connaissance, qui permettent de catégoriser les éléments d'information selon la manière dont ils vont être utilisés. Être expert dans un domaine c'est disposer de dizaines voire de centaines de schémas spécifiques à ce domaine d'expertise.

Les difficultés de traitement de l'information sont liées à deux dimensions : la nouveauté et la complexité. La complexité désigne l'ensemble des relations qu'il y a entre les éléments d'information. Par exemple, dans  $a/b = c/d$  il y a quatre éléments et trois relations. Dans *Le chien du fils de ma grand-mère* il y a trois éléments et deux relations. Comprendre implique un traitement simultané de l'ensemble des éléments et des relations. On ne peut pas éliminer, même temporairement des éléments ou des relations, remplacer  $a/b = c/d$  par  $a/b \& c/d$ , & désignant une relation sans en spécifier le sens. Avoir des connaissances, des schémas, permet de réduire la complexité de l'information traitée. Par exemple on transforme *Le chien du fils de ma grand-mère* en *Le chien de mon père* voire en *Médor*. Comprendre une situation nouvelle et complexe, un nouveau matériel, se heurte aux limites de la MDT. Le traitement de situations bien connues, fondé sur la mobilisation de schémas, est réalisé de façon de plus en plus automatique et peu coûteuse cognitivement. Traiter une situation complexe implique autre chose que la MDT, c'est-à-dire la mobilisation des mécanismes de la MLT et de l'apprentissage. Les deux principaux mécanismes d'apprentissage sont l'acquisition de schémas et l'automatisation.

Pourquoi le système cognitif humain n'a-t-il pas évolué pour permettre à la MDT de traiter des situations nouvelles et complexes ? Selon Sweller, parce qu'il a évolué vers l'apprentissage.

Selon Sweller donc, l'administrateur central est dans les schémas, c'est une de leur fonction. Ce n'est pas en tant que tel une fonction de la MDT, car sinon nous pourrions coordonner des traitements d'informations nouvelles, ce que nous ne savons pas faire. Quand nous devons traiter une situation nouvelle et complexe pour laquelle aucun apprentissage direct n'est possible, nous nous engageons dans une activité de résolution de problème, qui va déboucher progressivement vers la création de nouveaux schémas. Ces schémas permettront de catégoriser, etc. Cet ensemble de considérations est représenté par Sweller (2003) dans une matrice cognitive des continua (figure 2).

La matrice cognitive des continua rend compte de plusieurs phénomènes de façon cohérente. L'information à laquelle nous sommes confrontés peut être placée sur le continuum d'apprentissage (ligne 1), l'extrémité gauche correspondant aux situations où nous ne disposons pas de schéma, la droite à celles où nous en avons. La conséquence de cela (ligne 2), est la disponibilité (à droite) ou non (à gauche) d'une fonction d'administrateur central. Ainsi (ligne 3), les schémas nous

permettant de sélectionner et d'organiser l'information traitée (à droite) nous pouvons comprendre et agir directement avec une information familière. Au contraire (à gauche), nous devons nous engager dans une activité de résolution de problèmes pour trouver une solution quand nous ne disposons pas de schémas. En conséquence (ligne 4), la combinaison des éléments d'information sera placée sur un continuum allant de l'ordre (à droite) à l'aléatoire (à gauche), rendant les limitations de la capacité de la MDT (ligne 5) pertinentes (à gauche) ou non (à droite).

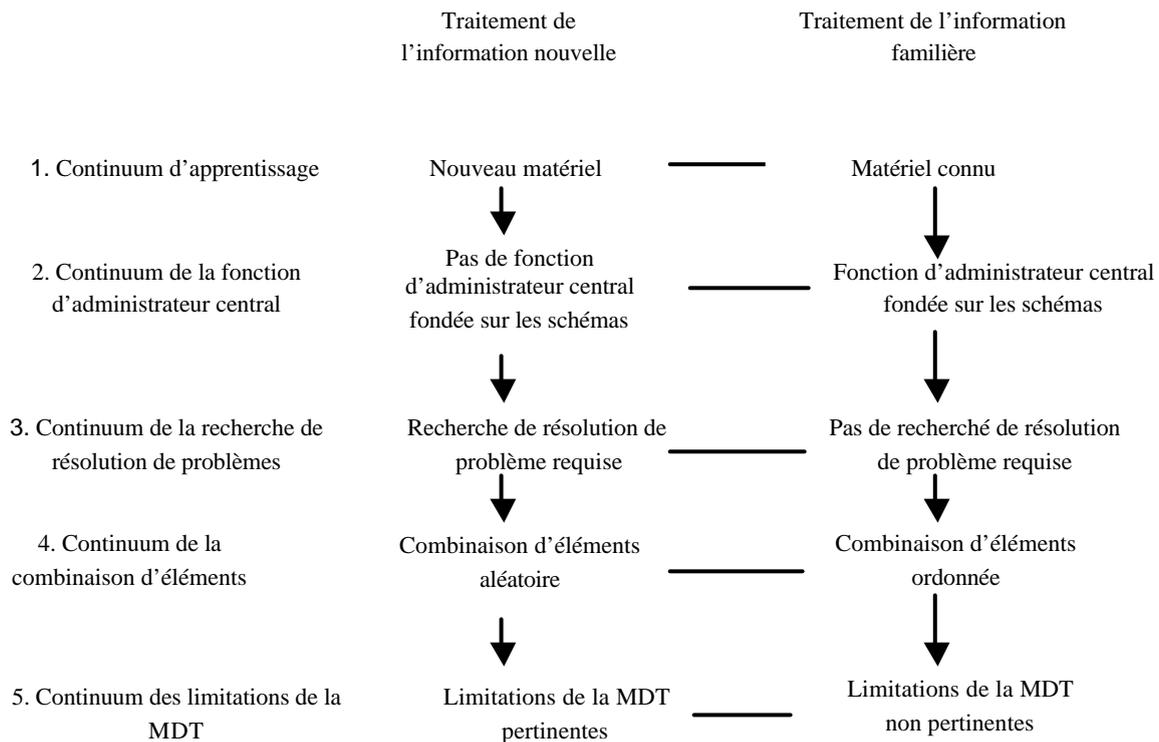


Figure 2. Une matrice cognitive des continua (Sweller, 2003)

La théorie de la charge cognitive est donc clairement issue de trois théories majeures de la psychologie cognitive : celle des schémas (Piaget, 1924 ; Bartlett, 1932 ; Gick & Holyoak, 1980, 1983 ; Chi, Glaser & Rees, 1982), celle de l'architecture cognitive MDT / MCT (Atkinson & Shiffrin, 1968) et celle de la MDT (Baddeley, 1992). Pour autant, dans ses derniers développements, la théorie de Sweller dépasse ces théories, intégrant l'idée d'une MDT à long terme (Ericsson & Kintsch, 1995) et donnant une interprétation évolutionniste de la MDT, situant l'administrateur central dans les schémas et non dans la MDT, et interprétant notre capacité d'apprentissage comme le pendant du fonctionnement de la MDT.

Dans certaines situations, l'apprentissage adaptatif que je viens de décrire n'est pas considéré comme suffisant. Les humains, mais aussi quelques animaux,

mettent alors en place des situations d'apprentissages artificielles, des situations d'apprentissage par enseignement, pour que l'apprenant apprenne plus vite, où qu'il acquière des schémas qui ne sont pas immédiatement fonctionnels (mais le seront probablement par la suite). Ces apprentissages à partir de situations artificielles n'ont *a priori* aucune raison d'échapper aux mécanismes d'apprentissages naturels (ce sont seulement les situations qui sont artificielles).

Il convient de distinguer les situations d'explications des apprentissages par résolution de problèmes. L'enseignant, le parent, le formateur peut choisir d'expliquer ce qu'il faut faire plutôt que de mettre l'apprenant en situation d'apprentissage. Ce choix pourrait entre autres être fonctionnel. Imaginons que quelqu'un veut aller du point A au point B. Si c'est un trajet rare pour lui, il vaut mieux lui expliquer ou lui fournir une carte routière. Si c'est un trajet qui va devenir fréquent pour lui, autant le mettre en situation de résolution de problème, autant le laisser explorer diverses possibilités : il va ainsi apprendre à aller de A à B. Mais on peut aussi penser à une alternative, notamment quand le trajet est complexe : donner des instructions ou une carte au sujet, dans un premier temps, pour que son exploration soit guidée et qu'il ne se perde pas. Il va ainsi réaliser quelques trajets au cours desquels il va apprendre et devenir ainsi capable de réaliser le trajet sans aide : il aura appris par apprentissage guidé. Pour Sweller, l'apprentissage guidé est plus efficace que l'apprentissage par exploration, et il a fourni des arguments empiriques en faveur de cette thèse (par exemple dans Tuovinen & Sweller, 1999). Si les situations d'apprentissages par exploration, par résolution de problèmes, sont fréquentes pour les apprenants, c'est parce qu'elles sont imposées par les situations.

On peut donc raisonnablement envisager que les apprentissages par résolution de problèmes artificiels puissent parfois être difficiles à mettre en œuvre, voire coûteux, car non adaptatifs.

Si j'ai consacré quelques pages à la théorie de la charge cognitive, et que j'utilise cette théorie comme cadre de référence, cela ne signifie pas que je trouve cette théorie parfaite, ni même bonne. Je partage les reproches souvent adressés à cette théorie et même à la notion de charge. Comme le montre très bien Barouillet (1996), les travaux sur la charge cognitive ne définissent pas ce qui est mesuré, ils se contentent de filer une ou deux métaphores (capacité de ressources, capacité spatiale) et sont fondés sur une relation simpliste entre les connaissances du sujet et les informations traitées dans la situation : étant donnée une quantité d'information à traiter dans une situation, la charge serait inversement proportionnelle à la connaissance préalable que le sujet a de la situation. Mais, le flou qui entoure cette notion de charge qui ne mesure pas grand chose n'empêche pas que la limite de la capacité de traitement caractérise la plupart des modèles symboliques en psychologie et que la charge mentale est un concept omniprésent dans notre discipline : cette notion y jouerait-elle un rôle comparable à celui des « vertus dormitives » chez Molière (Tricot & Chanquoy, 1996) ? Il reste à se demander si ce flou est inhérent au flou des fondements des sciences cognitives dans leur ensemble (Qu'est-ce qu'une information ? Qu'est-ce qu'une

signification? Qu'est-ce qu'une représentation?), donc irréductible pour l'instant, ou si un examen attentif des recherches actuelles et un effort raisonnable de clarification suffisent à faire de la charge mentale un concept opérationnel. C'est ce second pari que tente Sweller. Il a consacré un nombre très important de ses travaux empiriques à mettre à jour des façons de réduire le coût cognitif des situations d'apprentissage par enseignement tout en maintenant le but d'apprentissage. Je présenterai ces travaux plus bas. Je vais maintenant décrire les principaux processus d'apprentissage connus afin de pouvoir envisager par la suite des façons d'intervenir sur la mise en œuvre de ces processus.

### 2.5.2 Principaux processus d'apprentissage connus

Par processus d'apprentissage je désigne une activité mentale qui peut permettre la construction ou la transformation d'une connaissance par un individu. Par exemple l'automatisation est un processus de transformation d'une connaissance procédurale contrôlée vers une connaissance procédurale automatique. La conceptualisation est un processus de construction et de transformation d'une connaissance conceptuelle. Je vais décrire brièvement quelques-uns de ces processus susceptibles d'être mis en œuvre dans les apprentissages avec documents. Afin de ne pas surcharger la lecture de ce paragraphe, je n'indique pas de références bibliographiques (il en faudrait des centaines). Ce qui est écrit ci-dessous est consensuel et correspond à des résultats empiriques répliqués. Une synthèse est proposée par Anderson (2000).

*Le transfert analogique* consiste à utiliser dans un contexte B une connaissance habituellement mobilisée dans un contexte A. Les facteurs qui influencent la mise en œuvre de cette activité sont de trois ordres : les aspects superficiels des contextes A et B; les aspects profonds ou structurels des contextes A et B; les connaissances de l'individu. Cette activité sert surtout à étendre le domaine de validité d'une connaissance. Elle semble donc extrêmement utile et fréquemment mise en œuvre. Pour autant, l'analogie n'est pas en soi pertinente. Elle peut engendrer des traitements et des apprentissages erronés. Il semble que l'on puisse modifier le contexte B ou la formulation de la tâche pour augmenter la probabilité du transfert analogique.

*La compréhension* (voir aussi § 3.2.4) est l'activité d'élaboration d'une représentation mentale d'une situation ou d'un concept (on parle alors de conceptualisation). La compréhension, tout comme l'analogie, est influencée par des facteurs externes et internes à l'individu. La compréhension peut permettre d'acquérir des connaissances conceptuelles et factuelles, mais cela peut aussi être une entrée vers la construction de savoir-faire. Une littérature très importante, intéressante dans le domaine de la conception de documents et que je rapporte ci-dessous, a mis à jour des moyens de favoriser la compréhension.

*La répétition* consiste à réutiliser une connaissance que l'on possède déjà dans un contexte identique. Cette activité peut permettre de renforcer un apprentissage,

c'est-à-dire d'augmenter la probabilité avec laquelle la connaissance sera récupérée. Cette activité peut aussi être le moteur de l'automatisation. C'est donc une activité qui aboutit à la transformation et non à la construction de connaissances, de façon quasi exclusive dans le domaine procédural (développer des automatismes) ou dans celui de l'épisodique littéral (se souvenir de l'énoncé d'une règle, d'une procédure, d'une poésie, etc.). Si l'efficacité de cette activité est indiscutable dans les domaines que je viens de rappeler, certaines modalités de sa mise en œuvre sont beaucoup plus discutables (le conditionnement, l'apprentissage par cœur).

*La production et le test d'hypothèses* est une des activités possibles dans les cas où l'individu n'a pas assez d'information dans la situation ou de connaissances pour comprendre ou agir directement dans la situation. La production et le test d'hypothèses servent surtout à découvrir certains aspects de la situation, de sa structure, des concepts, des procédures ou des opérations qu'elle implique. Le traitement effectué est souvent plus profond que dans les situations où l'on ne produit pas d'hypothèse. La production et le test d'hypothèses constituent un processus itératif : l'individu qui traite une situation nouvelle produit une hypothèse à partir du traitement de certaines composantes de la situation, puis il confronte cette première hypothèse à d'autres composantes de la situation, change d'hypothèse si la première hypothèse est réfutée, etc. Il semblerait que l'on puisse favoriser la production d'hypothèses en mettant en exergue les propriétés critiques de la situation.

*La procéduralisation* consiste à transformer une démarche de résolution de problème, voire une connaissance d'une forme déclarative (savoir), vers une forme procédurale de la connaissance (savoir-faire). Cela correspond à une phase de l'apprentissage où l'individu commence à réussir de façon consécutive une tâche, à atteindre un but dans une situation. Ce processus, appelé aussi phase associative de l'acquisition de savoir-faire, représente donc l'association d'une connaissance (procédure) avec une catégorie de situations. Il s'accompagne d'une meilleure reconnaissance de la situation, ce qui est un indice fort que la procéduralisation réside aussi dans l'association d'une connaissance déclarative à la connaissance procédurale et à la catégorie de situations. Je rapporte plus bas quelques moyens, mis en évidence par Sweller, de favoriser la mise en œuvre de ce processus, par exemple en donnant la solution des premiers problèmes traités par l'individu, puis en présentant progressivement d'autres problèmes analogues sans leur solution.

Je pourrais décrire d'autres processus, comme la compilation, la conceptualisation, l'induction, les essais et erreurs, la prise de conscience, la généralisation, l'assimilation, l'automatisation, l'évaluation, le contrôle, etc. Cette partie me permet de faire la proposition suivante : (a) quand un individu apprend, il met en œuvre certains processus cognitifs (b) quelques-uns de ces processus sont connus aujourd'hui (c) on connaît quelques moyens de favoriser la mise en œuvre de ces processus. Donc, si l'on sait décrire quels processus vont probablement être mis en œuvre par les individus pour réaliser tel apprentissage

dans telle situation, alors on peut raisonnablement espérer trouver dans la littérature psychologique des moyens de favoriser la mise en œuvre de ces processus.

Outre quelques processus cognitifs impliqués dans les apprentissages, on connaît aussi des facteurs, externes ou internes à l'individu, qui ont un effet sur les apprentissages. Je les présente maintenant.

### 2.5.3 Principaux effets connus sur les apprentissages

Comme dans le paragraphe précédent, je ne présente que quelques effets connus. Mon but est simplement d'étayer le principe de conception ergonomique de documents pour l'apprentissage. Parmi les facteurs internes à l'individu, la recherche en psychologie a mis en évidence quelques effets robustes.

Par exemple, les *connaissances antérieures de l'individu* ont un effet sur l'apprentissage. Si la nouvelle connaissance à construire est trop éloignée des connaissances de l'individu (comme, pour moi, comprendre les approches néoclassiques en économie) ou au contraire déjà connue de lui, alors il n'y aura pas d'apprentissage. Pour favoriser l'apprentissage, il faudrait pouvoir définir une bonne distance entre les connaissances de l'individu et celle à acquérir « ni trop près, ni trop loin ». Toutefois cette distance est modulable. Par exemple, apprendre seul et par exploration (ou essais et erreurs) suppose une distance plus courte, qu'apprendre en groupe ou de façon guidée.

*La motivation* de l'individu a un effet sur l'apprentissage. Si l'apprentissage à réaliser correspond à un but de l'individu (d'accomplissement, de performance) il sera plus probablement réussi que s'il ne correspond pas à un but de l'individu. Il semble que l'on puisse parfois influencer la motivation des individus selon la façon dont on leur présente le but d'apprentissage. On peut aussi avoir une influence sur l'efficacité de l'apprentissage quand les buts d'apprentissages sont plutôt utiles (ils aident l'individu à comprendre et à agir dans son environnement) qu'inutiles (ils ne permettent ni de comprendre ni d'agir).

Les facteurs internes qui correspondent à des effets robustes sont nombreux. Je pense en particulier à quelques catégories comme la profondeur d'encodage, les stratégies d'étude.

D'autres grandes catégories de facteurs ont été mises en évidence, mais cette fois-ci externes à l'individu. Par exemple, la *présentation du matériel* d'apprentissage a un effet sur l'apprentissage. Je rapporte ci dessous (§ 2.5.4) quelques effets mis à jour par Sweller et son équipe. De nombreuses autres catégories de facteurs externes ont permis de mettre en évidence des effets robustes, comme l'organisation du temps, de l'espace, du groupe d'apprenants, du travail, mais aussi les effets liés à la contextualisation de connaissances.

En résumé, la psychologie a permis d'identifier des processus d'apprentissages et des facteurs qui ont des effets sur les apprentissages, de sorte qu'il existe un nombre conséquent de moyens de favoriser les apprentissages.

#### 2.5.4 Les effets mis à jour par la théorie de la charge cognitive

Les travaux à visée pratique conduits dans le cadre de la théorie de la charge cognitive répondent à la question suivante : comment réduire la charge cognitive imposée par le traitement d'une situation (d'un matériel) d'apprentissage tout en maintenant le but d'apprentissage ? Dans ces travaux, la charge cognitive est très souvent une variable invoquée. Sweller utilise peu les mesures de charge subjective et encore moins des variables *on-line* (comme par exemple des temps de réaction). On pourrait même dans le domaine se passer de la *notion* de charge cognitive, la question devenant : comment faciliter la réalisation d'une tâche d'apprentissage tout en maintenant le but d'apprentissage ? L'intérêt de la théorie de la charge cognitive n'est pas dans sa validité théorique<sup>2</sup>. Il réside dans sa capacité à produire des résultats empiriques dont le nombre et la cohérence nous permettent de mieux comprendre les processus d'apprentissage. Chaque effet présenté ici a été répliqué empiriquement au moins dix fois sur des contenus différents par des équipes différentes avec des apprenants d'âges différents.

*L'effet du but libre* : un sujet apprend moins quand on lui présente une consigne où le but est spécifié précisément (comme : « calculez la valeur de l'angle ABC ») que quand on lui présente une situation analogue avec un but libre ou non-spécifique (comme : « calculez autant de valeurs d'angles que vous pouvez »). Cet effet s'explique par la charge cognitive impliquée dans le traitement d'une situation à but spécifique, où tout état courant de l'espace problème doit être évalué par une mesure de sa différence avec l'état-but. Cette charge peut être telle qu'elle empêche l'apprentissage. A l'inverse, dans une situation à but libre, où chaque but est potentiellement pertinent, il n'y a pas d'évaluation de la différence avec l'état-but à effectuer, donc une moindre charge cognitive. En outre, apprendre quelles actions peuvent être effectuées étant donné l'état du problème serait primordial pour l'acquisition de schémas (Sweller, 1988), d'où l'effet

---

<sup>2</sup> J'ai plusieurs fois discuté de cela avec John Sweller. Il est, en la matière, ouvertement opportuniste : se référer à la théorie des schémas ou au modèle de Baddeley n'est qu'un moyen de s'inscrire dans le champ des « concepts acceptables »... et donc de produire des articles publiables. J'ai récemment entendu Thierry Olive (Olive & Piolat, 2003) défendre à ce propos un point de vue provocateur mais juste : vu l'état épistémologique de la psychologie cognitive, se référer à des concepts aussi vagues que celui de mémoire de travail ou de mémoire de travail à long terme n'est qu'une sorte de jeu que nous jouons pour publier, sans jamais nous interroger sur les conséquences de ce choix théorique, celui-ci n'ayant aucune conséquence ! Selon Sweller donc, vu l'état épistémologique de la psychologie cognitive, le travail à réaliser est l'accumulation et la réplification de résultats empiriques à partir d'hypothèses réfutables. De temps en temps, on peut tenter de rendre compte d'une cohérence de ces résultats, si ces derniers le sont.

positif du but libre. Cet effet n'est valable que pour les problèmes où l'ensemble des sous-buts explorés est à la fois fini et pertinent.

*L'effet de la série d'exercices résolus* : un sujet apprend mieux quand on lui présente une série d'exercices avec leur solution, qu'il doit étudier, que quand on lui présente la série analogue de problèmes à résoudre (exercices sans leur solution). Les exercices résolus présenteraient une sorte de guidage à l'apprenant, qui manque de connaissances pour résoudre le problème équivalent. Il s'agit d'une forme particulièrement aboutie d'enseignement guidé, la solution du problème venant pallier le manque de connaissances et donc les tâtonnements, les actions au hasard, bref les efforts inutiles.

*L'effet d'achèvement du problème* : l'effet de l'exercice travaillé fonctionne aussi quand seule une solution partielle du problème est fournie. Cette solution présente l'avantage d'être plus motivante pour les apprenants que celle des exercices travaillés. D'un point de vue cognitif, l'explication serait la même que pour les exercices résolus.

*L'effet de dissociation de l'attention*<sup>3</sup> se produit quand le sujet doit traiter des sources d'information multiples dont l'intégration doit être opérée mentalement afin que le sens puisse être inféré du matériel présenté. Par exemple, en géométrie, les élèves doivent dissocier leur attention entre d'une part le traitement de la figure présentée et d'autre part le texte relatif à cette figure. Le matériel présenté ne peut être compris qu'à condition que le sujet intègre mentalement les sources d'information disparates. La théorie de la charge cognitive a été utilisée pour suggérer que le processus de dissociation de l'attention ainsi que celui d'intégration mentale du matériel sont coûteux cognitivement et ceci à cause des modes traditionnels de présentation et de structuration de l'information. L'intégration physique des sources d'information, par exemple en plaçant les commentaires écrits sur les endroits appropriés de la figure géométrique plutôt que de façon adjacente, élimine les effets négatifs de l'attention dissociée. Ce type de résultat a aussi été obtenu par Wickens et ses collaborateurs (Wickens & Andre, 1990 ; Boles & Wickens, 1987 ; Wickens, 1987), qui ont énoncé un principe de proximité de présentation.

*L'effet de modalité* : si l'élimination de l'effet de dissociation de l'attention améliore l'apprentissage en baissant la charge de la mémoire de travail, un même effet positif peut être obtenu en augmentant la taille de la mémoire de travail effective. Pour atteindre ce type de but, il faut utiliser des présentations didactiques en mode duel, i.e. dans lesquelles les diverses sources d'information qui requièrent d'être intégrées sont présentées selon des modalités sensorielles différentes (auditive et visuelle). Par exemple, une figure géométrique présentée

---

<sup>3</sup> Je préfère cette traduction à celle, plus classique, de partage de l'attention, qui exprime moins bien la perte entraînée par ce traitement attentionnel difficile voire impossible.

visuellement et commentée oralement améliore l'apprentissage par rapport à une présentation conventionnelle (figure et texte présentés en mode visuel). Cet effet s'expliquerait à la fois par une réduction de l'effet de dissociation de l'attention et par un partage des ressources de traitement en MDT (deux processeurs sont utilisés au lieu d'un seul). Cet effet a été largement répliqué par Mayer et ses collaborateurs (Mayer & Moreno, 1998 ; Moreno & Mayer, 1999).

*L'effet de redondance* : les effets de modalité et de réduction de la dissociation de l'attention sont obtenus si et seulement si le traitement d'informations disparates est nécessaire à la réalisation de la tâche. Alors, en intégrant physiquement ces informations et en les présentant selon des modalités sensorielles différentes on facilite l'apprentissage. A l'inverse, quand il n'est pas nécessaire de traiter des informations disparates, quand une seule source d'information suffit, l'ajout d'informations redondantes (par exemple en présentant la même information selon deux modalités comme le texte oral et le texte écrit, ou selon deux formats comme le texte et l'image, ou selon deux volumes, comme le texte détaillé et le résumé) détériore l'apprentissage. Cet effet s'expliquerait assez simplement par l'ajout d'un traitement cognitif non pertinent, d'un surcoût cognitif inutile, qui peut interférer avec l'apprentissage quand les ressources cognitives ne sont pas excédantes.

*L'effet d'interactivité des éléments* : les effets de modalité, de réduction de la dissociation de l'attention et de redondance sont mis en évidence si et seulement si le matériel à traiter est exigeant cognitivement, c'est-à-dire s'il possède un nombre important de points en interaction les uns avec les autres. Un matériel trop simple, avec un nombre faible d'éléments en interaction, ne produit pas les effets cités précédemment. Cet effet s'expliquerait par une taille suffisante de la MDT pour traiter des situations simples et insuffisante pour traiter des situations complexes. La simplicité / complexité d'une situation dépendrait de la nouveauté des éléments qui la compose, de leur nombre et de leur relations.

*L'effet d'isolement des éléments en interaction* : quand une situation très complexe doit être traitée par un apprenant, on peut faciliter le traitement en isolant dans un premier temps les éléments qui la composent. Quand l'apprentissage de chaque élément isolé est bien amorcé, on peut alors présenter les interactions entre les éléments. Cet effet, formulé ainsi n'a été, contrairement aux autres, obtenu qu'une fois (Pollock, Chandler & Sweller, 2002). Mais il est très proche d'un effet fréquemment obtenu dans le domaine de la compréhension des hypertextes et des hypermédias : quand on présente une carte cognitive avant l'apprentissage du texte (ou des images) correspondant on obtient un moins bon résultat que quand on présente la même carte cognitive après l'apprentissage. Cet effet a été expliqué par Hofman et Van Oostendorp (1999) : les sujets ne sont capables de comprendre l'ensemble des interactions entre les éléments qu'après avoir compris les éléments un à un et les interactions unes à une.

*L'effet d'imagination* : avec des apprenants avancés, on peut améliorer l'apprentissage en leur demandant d'imaginer la procédure à réaliser pour

résoudre un problème, plutôt que de suivre pas à pas des instructions pour résoudre le problème. Avec des apprenants novices c'est l'inverse : suivre la procédure est plus efficace que d'en imaginer une.

*L'effet de renversement de l'expertise* : avec des apprenants avancés, presque tous les effets décrits ci-dessus ne fonctionnent pas. Formulé autrement : les effets d'enrichissement du matériel fonctionnent tous comme l'effet de redondance. Ainsi, ce dernier effet, qui a sans doute fortement contribué à l'élaboration de la nouvelle formulation de la théorie de la charge cognitive, vient nous dire que concevoir une situation d'apprentissage c'est bien concevoir une relation entre un matériel, une tâche et un apprenant, chaque caractéristique de l'un étant relative à celles des autres. Il n'est rien d'absolu en la matière.

*L'effet de disparition progressive du guidage* : ce dernier effet, obtenu par Renkl et ses collègues (Renkl, 1997 ; Renkl, Atkinson & Maier, 2000 ; Renkl, Atkinson, Maier & Staley, sous presse) montre simplement qu'au fur et à mesure que l'apprenant acquiert des connaissances dans un domaine, le guidage à lui fournir pour qu'il apprenne va en diminuant. Ainsi, on peut construire une séquence d'apprentissage, comme par des exercices résolus, puis des exercices à compléter et finissant par des problèmes à résoudre.

La théorie de la charge cognitive fournit donc un cadre théorique et pratique qui permet de mettre en relation un but d'apprentissage (exprimé en termes de connaissances ou schémas à construire par l'apprenant), des moyens d'apprentissages (une situation, comprenant typiquement une tâche et du matériel) et un apprenant qui possède déjà des connaissances. La théorie de la charge cognitive met en évidence des principes de relations entre ces trois entités. Je vais maintenant mettre en perspective ce cadre là et montrer que l'on peut formaliser toute relation possible entre ces trois entités (but, moyen, apprenant), pour disposer d'un cadre général permettant d'émettre des hypothèses sur la relation entre apprenants, moyens et buts d'apprentissage. Je pense contribuer en cela à une approche ergonomique de la conception des situations d'apprentissage.

## **2.6 Contributions empiriques**

Les travaux empiriques auxquels j'ai pu participer dans ce domaine produisent des résultats souvent peu attendus mais non moins intéressants. Ils ont renforcé mon orientation vers une approche ergonomique.

### *2.6.1 Effets de l'aide à la compréhension sur l'acquisition de connaissances littérales et conceptuelles*

Dans cette étude (Lemercier et al., 2002), nous voulions répliquer les résultats de Sweller (1999) sur l'intégration texte image, en faisant l'hypothèse que cet effet (a) n'est pas indépendant du support (papier versus ordinateur) et (b) porte sur des

connaissances essentielles plutôt que littérales (compréhension *versus* mémorisation). Cette seconde hypothèse, bien que fondée sur les travaux de Reyna (1996), est, tout comme la première hypothèse, largement exploratoire. Enfin, dans cette expérience, nous avons noté les questions que les étudiants participant à l'expérience ont posé à leur professeur pendant le déroulement de l'expérience.

Les 288 sujets de notre étude sont étudiants en première année de génie mécanique et productique à l'IUT de Toulouse. Deux versions du même test d'évaluation ont été construites pour cette séance TD, utilisées en pré-test ou en post-test. Ces deux tests, regroupent des exercices d'application directe du cours (correspondant à des connaissances littérales) et des exercices d'utilisation des concepts et procédures étudiées en cours (correspondant à des connaissances plus essentielles). L'exerciceur comprend une série de 10 exercices avec leur solution dont le niveau de difficulté croît (l'exercice 1 est simple, l'exercice 10 est très difficile). Il traite des «générateurs d'équivalents ». Quatre versions différentes des exercices ont été comparées dans cette étude : deux papiers (A et B) et deux électroniques (C et D). Au niveau des formats de présentation, la version A correspond à la version originale utilisée depuis des années. Les versions B et C correspondent à une amélioration de A (un rappel des notions principales est donné). B et C sont exactement identiques entre elles, B étant une copie d'écran de C. Enfin, la version D est enrichi d'informations complémentaires se référant à l'exercice en cours : explication de l'énoncé, représentation dynamique de la circulation du courant, intégration de la solution dans l'exercice, explication détaillée de la solution. Appliquant quelques recommandations issues des travaux de Mayer (2001) et Sweller (1999) concernant l'intégration de la solution dans le problème et l'intégration des formats texte / image, elle est censée fournir une aide à la compréhension et à l'apprentissage.

Les résultats montrent un apprentissage significativement plus important pour les versions électroniques (C et D) que pour les versions papiers (A et B), ce qui est conforme à notre hypothèse, mais pas de supériorité de D sur C, contrairement aux résultats classiques de Sweller ou de Mayer. Concernant la comparaison entre l'acquisition de connaissances littérales versus conceptuelles, nous obtenons un résultat significatif mais non conforme à notre hypothèse. L'apprentissage est meilleur pour les connaissances conceptuelles que pour les connaissances littérales avec les versions électroniques, alors qu'il est équivalent pour les versions papiers. En revanche, nous n'obtenons pas de différence entre D et C.

L'étude du nombre moyen d'interventions des enseignants suivant le type de présentation des TD révèle que celles-ci sont quasi-absentes en version D (électronique avec aide à la compréhension) alors que pour les trois premières versions du TD, le nombre moyen d'intervention est équivalent (version A : 17 ; version B : 13,5 ; version C : 16 ). La version D, considérée comme la version TD la plus achevée puisqu'elle intégrait non seulement l'information relative à la résolution des exercices mais également des liens vers des informations complémentaires à la tâche, a conduit à une résolution en autonomie des exercices

par les étudiants. Bien que l'enseignant ait été présent, les étudiants n'ont pas fait appel à lui. L'analyse conjointe des effets d'apprentissage et du nombre d'interventions des enseignants durant le TD nous permet de considérer que la version multimédia censée aider à la compréhension a permis une amélioration plus importante des performances (principalement sur les exercices d'utilisation du cours) en autonomie quasi complète.

Nous avons réutilisé les mêmes supports l'année suivante, auprès de la promotion d'étudiants suivante, proposant cette fois-ci une utilisation des séries d'exercices en autonomie, comme préparation du TD. Les résultats sont assez décevants, ils ne permettent pas de mettre en évidence un effet clair. En revanche, les réponses aux questionnaires d'utilisation adressés aux étudiants sont très instructives : ceux-ci trouvent les versions électroniques peu pratiques, pas bien faites, nombreux préfèrent les versions papiers. Le même questionnaire adressé l'année précédente montrait au contraire une nette préférence pour le support électronique au détriment du support papier.

Cette étude montre bien, me semble-t-il, qu'au-delà du matériel d'apprentissage, il y a la situation d'apprentissage, qui comprend un ou plusieurs enseignants, des interactions avec eux, des ressources techniques ou non, des lieux dédiés ou non, une place définie dans l'emploi du temps ou non. Une approche ergonomique de la formation ou de l'enseignement devrait pouvoir prendre en compte cette situation plutôt qu'uniquement le matériel.

### *2.6.2 Effet de la nature de l'expertise et du guidage sur l'apprentissage*

Dans une étude récente réalisée par Amadiou, Tricot et Mariné (2004), nous nous sommes demandés si la nature de l'expertise des individus avait un effet sur l'apprentissage et si cet effet était modulable par le guidage apporté lors de la réalisation de l'apprentissage. Un résultat empirique a en effet attiré notre attention : Briggs (1990) montre que l'apprentissage d'un nouveau logiciel de traitement de texte semble influencé par le fait que les individus aient préalablement l'expérience, soit d'un seul, soit de plusieurs, logiciels de traitement de textes. Quand les individus ont une expertise polyvalente ils semblent apprendre plus efficacement que quand ils ont une expertise monovalente. Ce résultat fait écho à de nombreux résultats obtenus dans le domaine des hypermédias pour l'apprentissage : acquérir une nouvelle connaissance conceptuelle complexe, où plusieurs sous-concepts sont reliés entre eux selon une structure complexe de liens, implique que l'individu ait déjà de bonnes connaissances dans le domaine. On parvient parfois à rendre l'apprentissage plus efficace en simplifiant la structure de liens (donc en guidant plus l'individu), diminuant ainsi la charge cognitive impliquée dans le traitement de l'hypermédia (Jacobson & Archodidou, 2000 ; Jacobson, Sugimoto & Archodidou, 1996 ; Jacobson & Spiro, 1995 ; Jacobson, Maouri, Mishra & Kolar, 1996 ; Niederhauser, Reynolds, Salmen & Skolmoski, 2000). On pourrait donc émettre l'hypothèse selon laquelle apprendre suppose une compatibilité entre les

connaissances (leur contenu et leur structure) présentées à l'apprenant et celles qu'il possède déjà. Cette hypothèse est compatible avec de nombreux résultats obtenus dans le domaine de la compréhension de texte (Tapiero, 1991 ; Foltz, 1996 ; McNamara & Kintsch, 1996 ; McNamara, Kintsch, Songer & Kintsch, 1996 ; Shapiro, 1999, 2000 ; Hannon & Daneman, 2001 ; Molinari, 2002). Nous avons donc conduit une expérience où nous avons comparé deux groupes d'enseignants expérimentés monovalents (ils enseignent une seule discipline) ou polyvalents (ils enseignent plusieurs disciplines) dans une tâche d'apprentissage d'un contenu complexe (il s'agissait d'une présentation d'une théorie de l'enseignement, la théorie de la flexibilité cognitive de Spiro). La moitié d'entre eux disposaient d'un hypertexte (condition d'apprentissage « libre ») l'autre moitié d'un texte linéaire (condition d'apprentissage « guidée »). Un groupe contrôle de « novices » constitué d'étudiants ni en psychologie ni en sciences de l'éducation réalisait la même expérience. Ce groupe contrôle nous a permis de répliquer un résultat classique : les novices apprennent mieux en condition guidée qu'en condition libre. Les experts ne bénéficient pas du guidage, obtenant les mêmes résultats dans les deux conditions. Si ce résultat ne correspond pas à notre hypothèse, il est cohérent avec de nombreux autres (McDonald & Stevenson, 1998, Potelle & Rouet, 2003 ; Seufert, 2003 ; Shin, Schallert & Savenye, 1994). Mais, plus surprenant, nous n'avons pas obtenu de différence entre les experts polyvalents et monovalents, et surtout : les novices ont obtenu de meilleurs scores que les experts. Les résultats, qui divergent avec ceux de la littérature, peuvent s'expliquer par l'utilisation que nous avons faite de la notion d'expertise. Alors que la littérature dans le domaine des apprentissages à partir de textes ou d'hypertextes rend classiquement compte d'effet d'une expertise liée à un apprentissage relativement court (avec des sujets de même âge), nous avons étudié un effet de l'expertise liée à une longue expérience professionnelle (avec des sujets d'âges différents). En revanche, nos résultats semblent indiquer que les experts ayant des connaissances théoriques obtiendraient de meilleures performances que les experts sans connaissances théoriques. Nous sommes en train de répliquer cette expérimentation auprès d'enseignants débutants polyvalents et monovalents (donc des experts au sens de «sujets de même âge ayant réalisé récemment un apprentissage »), les résultats décevants que nous avons obtenus pouvant être dus à une difficulté pour les enseignants expérimentés à s'engager dans la tâche.

## **2.7 Émettre des hypothèses sur la relation entre moyens et buts d'apprentissage**

Pour résumer ce que j'ai écrit dans cette partie 2, concevoir un document pour l'apprentissage revient à mettre en œuvre des aides à la mobilisation des activités mentales impliquées par l'apprentissage visé. En effet, dans certains cas, réaliser une tâche d'apprentissage, traiter des matériels, est tellement coûteux cognitivement que cela gêne ou empêche l'apprentissage. Il faut donc disposer d'un cadre pour décrire l'ensemble des relations possibles entre les buts et les

moyens (tâche, matériels) d'apprentissage. C'est un tel cadre que je propose dans cette partie. Il permet d'émettre des hypothèses falsifiables sur la relation entre moyens et buts d'apprentissage.

### 2.7.1 *Analyse de la relation moyens – buts dans quelques situations d'apprentissage typiques*

#### 2.7.1.1 Les situations d'apprentissage tautologiques et spécifiques

Dans leur article classique intitulé *The theory of learning by doing*, Anzai et Simon (1979) présentent l'analyse d'un protocole de résolution du problème de la tour de Hanoi. D'après Anzai et Simon, en réussissant, par tâtonnement, à résoudre le problème de la tour de Hanoi, le sujet apprend à résoudre le problème de la tour de Hanoi. On pourrait dire que pour ces auteurs la situation d'apprentissage est auto-référencée. Elle est elle-même le but d'apprentissage. L'analyse du protocole faite par Anzai et Simon leur permet de décrire plus précisément ce que le sujet apprend quand il apprend. Le sujet apprend à transformer les états d'une situation, à transformer une stratégie et finalement il apprend la structure du problème, c'est-à-dire un ensemble de productions pertinentes et efficaces.

On peut donc décrire la théorie de Anzai et Simon de deux points de vue. Selon le premier point de vue, en réalisant la tâche T le sujet apprend à réaliser la tâche T. C'est une tautologie. Selon le second point de vue, en réalisant la tâche T, le sujet acquiert des connaissances K. C'est peut-être une relation d'implication, dont nous ne connaissons pas la nature. Les auteurs ne disent pas si ces connaissances K permettent de faire autre chose que la réalisation de la tâche T.

Dans la vie de tous les jours, il est souvent pertinent d'avoir un point de vue tautologique sur l'apprentissage. Nous apprenons à conduire une voiture pour conduire une voiture ou nous savons taper à la machine parce que nous avons appris à taper à la machine en tapant à la machine. La plupart du temps nous ne nous représentons pas cet apprentissage comme correspondant à l'acquisition d'une certaine connaissance K, qui pourrait être éventuellement transférable. Nous savons conduire une voiture, c'est tout.

Dans la vie professionnelle, le point de vue tautologique a aussi beaucoup de pertinence. Par exemple, Myles-Worsley, Johnston et Simons (1988) ont conduit des expérimentations sur les activités de perception et de reconnaissance dans le cadre du diagnostic radiologique. Leurs travaux consistent à comparer cette activité selon le niveau d'expertise des médecins (*university undergraduates, first year radiology residents, junior staff radiologists and senior radiologists*). Les experts ont des performances bien meilleures que celles des autres sujets dans une tâche de reconnaissance de radiographies de poumons atteints d'une lésion, mais leur performance est moins bonne que celle des autres sujets avec des radiographies de poumons sains. Cette différence de performance dans une tâche

de reconnaissance s'exprime avec des temps de traitement très courts (500 ms). Les auteurs ont contrôlé la capacité à reconnaître de ces différentes populations de sujets, dans une tâche de reconnaissance de visage. Dans ce cas, les performances des différents groupes sont équivalentes. Autrement dit, les radiologues experts savent détecter très rapidement les lésions sur des radiographies et reconnaître ces radiographies, mais cette compétence n'est pas transférable. Plus encore, elle s'accompagne d'une sorte d'incompétence spécifique à traiter les radiographies de poumons sains. Comment ont-ils acquis cette compétence perceptive ? En pratiquant. Ainsi, je considère que certaines connaissances K sont des sous-composantes d'une compétence professionnelle générale. Ici la compétence à percevoir et à reconnaître des radiographies atteintes d'une lésion est une sous-composante de la compétence diagnostique radiologique. On ne peut évidemment réduire l'une à l'autre. Elles sont toutes les deux très longues à acquérir (probablement autour de 10 années). Cette compétence perceptive que j'appelle connaissance K est acquise par la pratique, par la répétition de la mise en œuvre de cette connaissance K et elle est intransférable. Elle est donc spécifique. Plus encore elle s'accompagne de l'inhibition de la mise en œuvre de certains traitements, ici le traitement des radiographies saines. Enfin, les auteurs n'évoquent pas la possibilité pour un radiologue d'avoir cette pratique pendant 10 ans sans acquérir la connaissance K ou d'acquérir cette connaissance K sans avoir cette pratique pendant 10 ans.

On voit qu'apprendre peut être décrit comme mettant en relation les connaissances à construire (K) et les tâches au cours desquelles les matériels vont être traités (T). Il semble que différentes relations entre K et T soient possibles.

J'écris : (1) Certains apprentissages sont tautologiques. Apprendre à réaliser la tâche T c'est réaliser la tâche T.

(2) Certains apprentissages sont spécifiques. L'acquisition de la connaissance K implique la réalisation (répétée) de la tâche T, mais K ne permet de réaliser que la tâche T. D'un point de vue logique, il y a une relation d'équivalence entre la répétition de T et l'acquisition de K.

Il me semble important de souligner que certains apprentissages tautologiques le sont d'un certain point de vue, selon une certaine pratique, pour certains sujets. Un même apprentissage peut être interprété différemment selon les conditions dans lesquelles il est réalisé. Par exemple pour le traitement de texte, l'apprentissage passe nécessairement par la pratique de l'outil lui-même. Il est *a priori* tautologique. Mais Sander et Richard (1997) montrent que quand les sujets savent d'abord taper à la machine l'analyse du transfert révèle un processus d'apprentissage très différent. Spontanément, les sujets qui savent taper à la machine considèrent le traitement de texte comme une machine à écrire un peu sophistiquée et donc l'activité comme étant la même. Pourtant ce transfert pose des problèmes. L'analogie entre les deux outils n'étant que très partielle elle conduit les sujets à faire des erreurs de manipulation et à inhiber certaines actions possibles. Sander et Richard montrent que le fait de passer par des abstractions est

efficace. Considérer non pas taper à la machine comme l'activité de référence mais écrire, voire même manipuler un objet, conduit à un meilleur apprentissage.

#### 2.7.1.2 Les situations où la réalisation de la tâche implique l'apprentissage

Dans une étude sur des problèmes de transformation classiques, Pierce, Duncan, Gholsn, Ray et Kambi (1993) montrent qu'une connaissance K acquise lors de la réalisation d'une tâche T peut être réutilisée dans une tâche T' non isomorphe à la tâche T. Par exemple, les auteurs montrent que des sujets ayant réussi une tâche de «Cannibales et Missionnaires » peuvent réussir à transférer la connaissance acquise dans une tâche « Maris Jaloux » si on les laisse explorer librement l'espace problème, sans insister sur le but à atteindre. Pour expliquer ce résultat, ils utilisent la théorie de la charge cognitive. Cette manière de traiter le problème des « Cannibales et Missionnaires » pourrait produire un schéma de meilleure qualité que l'exploration contrainte qui insiste sur l'atteinte du but. On peut décrire ce résultat de la façon suivante. En réalisant la tâche T par exploration libre, le sujet acquiert une connaissance K qui pourra être réutilisée pour réaliser une tâche T'. Il semble donc que dans ce cas, acquérir K (de telle sorte que K soit transférable) implique la réalisation de T par exploration libre. Dans cette expérience, il est très intéressant de noter que la réussite de T dans la phase d'acquisition est meilleure si l'on ne laisse pas le sujet explorer librement l'espace problème, mais qu'on le guide dans cette exploration. Ainsi, si l'on conserve le point de vue tautologique évoqué précédemment, on peut écrire qu'en réalisant la tâche T de façon guidée le sujet apprend à réaliser la tâche T efficacement. Pourtant, dans cette condition, la connaissance K acquise est moins transférable à une tâche T' que dans le cas où T a été réalisée par exploration libre. Il est évidemment possible que de nombreuses autres tâches T'' permettent l'acquisition de la connaissance K. Par contre, nous ne savons pas, dans cette expérience, s'il est possible de réaliser T' alors que l'on a échoué à réaliser T, puisque tous les sujets réussissent T.

J'écris : (3) Pour certains apprentissages, si et seulement si la réalisation de la tâche T est faite d'une certaine manière (par exemple exploration libre), alors la réussite de la tâche T implique l'acquisition de la connaissance K et la réussite de la tâche T' (présentant une analogie avec T) implique l'acquisition de la connaissance K.

(4) Pour certains apprentissages, si et seulement si la réalisation de la tâche T est faite d'une certaine manière (par exemple apprentissage guidé), alors l'apprentissage est spécifique (2) c'est à dire qu'il y a une relation d'équivalence entre la réussite de T et l'acquisition de K.

Les travaux sur la théorie de la charge cognitive évoqués dans la partie précédente ont montré que si différentes relations entre K et T sont possibles, notamment en fonction de la manière dont T est réalisée, cette manière de réaliser T par l'apprenant peut dépendre de la façon dont T est présentée par le concepteur de la situation d'apprentissage.

J'écris : (5) Dans certains cas, si la réussite de la tâche T implique l'acquisition de la connaissance K et si la réalisation de la tâche T implique le traitement de matériels M alors la facilitation du traitement de M favorise l'acquisition de la connaissance K.

Pour l'instant, je n'ai pas pu envisager le cas où l'apprentissage implique la réalisation d'une tâche, mais trois relations possibles. La tautologie correspond au cas où l'on apprend à réaliser une tâche pour réaliser cette tâche, l'équivalence correspond au cas où l'acquisition d'une connaissance est spécifique à une tâche et enfin les cas où la réussite (répétée) d'une tâche implique un apprentissage. J'ai complété la description de cette implication par la description des relations entre d'une part l'apprentissage, et, d'autre part, la façon de réaliser la tâche, certaines caractéristiques de la tâche ou la présentation du matériel qui la compose.

### 2.7.1.3 Les situations où l'apprentissage implique la réussite de la tâche

Tuovinen et Sweller (1999) ont comparé les performances de deux groupes d'étudiants qui doivent apprendre à concevoir une base de données. Les deux groupes reçoivent le même cours, mais ensuite le premier groupe suit un scénario d'apprentissage par la découverte tandis que le second groupe suit un scénario d'apprentissage de type exercices résolus. Les étudiants du premier groupe doivent résoudre par eux-mêmes les problèmes, essentiellement pratiques, qu'ils se posent eux-mêmes, tandis que ceux du second groupe suivent un programme préétabli d'étude de problèmes déjà résolus. Dans chacun des groupes, les étudiants sont pour moitié « novices » dans le domaine des bases de données, tandis que l'autre moitié est déjà un peu familière avec ce domaine. Les résultats montrent que la réalisation de la tâche d'apprentissage par découverte est trop difficile pour les étudiants novices dans le domaine des bases de données. Leurs scores au test de connaissance à l'issue de la phase d'apprentissage sont extrêmement faibles, ils ne représentent même pas la moitié de la moyenne des scores des trois autres sous-groupes. Tout se passe comme si, au cours des trois sessions successives d'apprentissage par la découverte les sujets novices n'avaient rien appris ou quasiment rien. Différents résultats allant dans ce sens ont été obtenus par Sweller et Chandler (1994) et par d'autres (Mayer, 2001).

L'ensemble de ces résultats montre que dans certains cas l'acquisition de la connaissance K implique la réussite de la tâche T. Pourtant ces cas sont souvent difficiles à distinguer des cas où il y a une relation d'équivalence entre la réussite de la tâche T et l'acquisition de K. D'un point de vue logique la différence réside dans l'existence d'un certain nombre de sujets ayant participé à l'expérience et pour lesquels il y a réussite de T et non-acquisition de K. Si ces sujets existent, on peut décrire la situation d'apprentissage comme une implication de K vers T. Si ces sujets n'existent pas, alors il y a une relation d'équivalence entre réussite de T et acquisition de K.

J'écris : (6) Dans certains cas, l'acquisition de la connaissance K implique la réussite de la tâche T.

#### 2.7.1.4 Apprentissages implicites, adaptation et leur interprétation

La littérature à laquelle j'ai fait référence dans cette partie concerne des situations d'apprentissage particulières. Il s'agit essentiellement d'apprentissages explicites, par l'action, le plus souvent dans un cadre d'enseignement. Ces apprentissages sont fondés sur la réalisation d'une tâche que le sujet a conscience de réaliser et sur le traitement de matériels que le sujet a conscience de faire. On ne peut évidemment pas réduire les apprentissages humains à ces apprentissages explicites. Certains apprentissages sont implicites (Berry, 1997 ; Stadler & Frensch, 1998) et n'impliquent pas la réalisation consciente d'une tâche. Certains apprentissages, comme l'apprentissage de la correspondance grapho-phonémique en lecture, peuvent être réalisés de façon explicite par certains sujets et de façon implicite par d'autres (Cunningham, 1990). Plus encore, la psychologie de la lecture a étudié la question de la nature de la relation entre la conscience phonologique (une connaissance explicite donc) et l'apprentissage de la lecture (par ex. Perfetti, Beck, Bell & Hughes, 1987). Cette relation est-elle une implication ou non ? Deux voies ont été suivies pour étudier cette question. Une des compétences peut-elle être présente en l'absence de l'autre (auquel cas on pourrait définir le sens et la nature de l'implication, voire l'indépendance) ? L'entraînement à l'une s'accompagne-t-il de l'acquisition de l'autre ? Donc, l'existence d'apprentissages explicites et implicites semble possible pour des connaissances à acquérir identiques. Mais surtout les relations, notamment d'implication, entre connaissances, tâches et apprentissages ont été étudiées dans divers domaines.

J'écris : (7) Il est possible d'apprendre sans mettre en œuvre des processus explicites comme la réalisation explicite d'une tâche ou le traitement d'un matériel d'apprentissage.

Concevoir une situation d'apprentissage pour atteindre tel but d'apprentissage, c'est-à-dire l'acquisition de telle connaissance nouvelle par un apprenant, serait donc un problème de pertinence de la tâche et du matériel par rapport aux connaissances de l'apprenant. L'évaluation de cette pertinence est l'objet de ma proposition ci-dessous.

#### 2.7.2 *Décrire les liens entre apprentissage et traitement de matériels*

Dans la partie précédente, j'ai souligné que dans une situation d'apprentissage explicite la connaissance à acquérir est un concept relatif à la situation (tâche et matériels) et aux connaissances préalables du sujet. Différentes relations sont possibles entre la réalisation de la tâche, en particulier le traitement du matériel qui la compose, et la connaissance à acquérir. Si bien que toute situation d'apprentissage explicite peut être décrite comme mettant en relation quatre termes au moins. La connaissance à acquérir, la tâche à réaliser, les matériels à traiter et l'apprenant (ses caractéristiques, notamment en termes de connaissances préalables).

J'ai décrit formellement quelques situations :

- réalisation de T = apprentissage de la réalisation de T
- acquisition de K  $\leftrightarrow$  réalisation de T
- réalisation de T  $\rightarrow$  acquisition de connaissance K
- acquisition de connaissance K  $\rightarrow$  réalisation de T

J'ai souligné que :

- la façon de réaliser T (de façon libre, de façon guidée, etc.) peut modifier la relation entre acquisition de K et réalisation de T
- si la réalisation de la tâche T implique le traitement coûteux de matériels M alors la facilitation du traitement de M favorise l'acquisition de la connaissance K
- il est possible d'apprendre sans mettre en œuvre des processus explicites comme la réalisation explicite d'une tâche ou le traitement d'un matériel d'apprentissage.

Évaluer une situation d'apprentissage, les résultats qu'elle produit, implique selon moi la description de la relation entre le traitement des matériels et l'apprentissage visé. Cette proposition implique que nous soyons capables d'interpréter les liens entre les variables qui mesurent le traitement du matériel d'apprentissage et celles qui mesurent l'acquisition de la connaissance visée. Tricot et Tricot (2000 ; Tricot, 2001) ont tenté d'aborder ce problème. J'en rendrais compte plus bas (§ 5.5.2).

Il existe différentes relations possibles entre l'utilisation de matériels et l'apprentissage. J'ai proposé de décrire ces relations de façon logique, c'est-à-dire comme des relations d'implication, d'équivalence, de tautologie, etc. entre un ensemble limité de variables : la connaissance à acquérir K ; la tâche à réaliser T ; les matériels à traiter M ; un état initial des connaissances du sujet.

La théorie de la charge cognitive est une théorie qui permet d'évaluer et d'améliorer un matériel d'apprentissage. Au sein de cette théorie, l'effet de renversement montre que l'amélioration d'un matériel d'apprentissage tend à rendre le traitement plus difficile quand l'expertise des apprenants augmente. Ainsi la théorie de la charge cognitive m'apparaît de plus en plus comme une théorie de la pertinence (Sperber & Wilson, 1989), c'est-à-dire comme une théorie de la relation entre un matériel d'apprentissage, un objectif d'apprentissage et un apprenant. Le cadre que j'ai proposé permet de formuler des hypothèses sur cette relation. Il permet donc d'envisager la théorie de la charge cognitive comme une théorie réfutable de la pertinence.

## 2.8 Conclusion : vers une ergonomie des documents électroniques pour l'apprentissage

Dans ce chapitre, j'ai voulu réaliser deux objectifs.

Premièrement, j'ai voulu mettre en évidence que l'on pouvait dans le domaine avoir une vue intégrée de la mémoire et des apprentissages, comme processus à l'œuvre dans la dynamique adaptative de l'individu à son environnement. Mais j'ai aussi voulu insister sur le fait que les situations d'apprentissages sont diverses, notamment si l'on compare les apprentissages implicites avec les apprentissages explicites. Les difficultés (et donc la manière d'envisager une réponse à ces difficultés) rencontrées par les individus dans ces différents types d'apprentissage sont très différentes. Les documents, en tant que supports pour la recherche d'information relèvent souvent du traitement de problèmes naturels (problèmes que l'individu rencontre dans son environnement). En tant que supports pour l'apprentissage, ils relèvent souvent du traitement de problèmes artificiels (problèmes qu'un tiers pose à l'individu).

Deuxièmement, j'ai voulu dans ce chapitre élaborer les fondements d'une approche ergonomique de la conception de documents électroniques pour l'apprentissage. Pour concevoir un document électronique pour l'apprentissage, il faudrait pouvoir :

- a) décrire l'objectif d'apprentissage, c'est-à-dire la connaissance visée ;
- b) décrire l'état des connaissances de l'individu avant qu'il n'apprenne, au moins par rapport à la connaissance visée ;
- c) décrire les processus cognitifs qui vont être mis en œuvre pour que l'individu construise la connaissance visée à partir de ses connaissances ;
- d) concevoir des moyens d'apprentissage, c'est-à-dire une tâche à réaliser par l'individu et les matériels à traiter, tel que :
  - ces moyens contribuent à réduire la distance entre les connaissances décrites en (a) et celles décrites en (b) ;
  - ces moyens favorisent la mise en œuvre des processus décrits en (c) ;
  - ces moyens soient cognitivement le moins coûteux possible à mettre en œuvre.

J'ai prétendu qu'il existait un nombre important de résultats en psychologie qui pouvaient contribuer à la réalisation de la démarche proposée (j'ai évoqué quelques-uns de ces résultats). Mais j'ai aussi indiqué qu'il faudrait sans doute analyser de façon plus rigoureuse et plus systématique les relations entre buts d'apprentissages, moyens d'apprentissage et caractéristiques cognitives des

apprenants pour véritablement rendre exploitables les résultats psychologiques et les importer dans le domaine de la conception de documents électroniques pour l'apprentissage.

Dans la partie 5 de ce mémoire, je présenterai quelques pistes de mise en œuvre de cette approche ergonomique de la conception ergonomique de documents pour l'apprentissage

### 3 Recherche d'information dans les documents électroniques<sup>4</sup>

#### 3.1 Introduction

Généralement les humains recherchent de l'information dans des documents quand ils n'ont pas la connaissance nécessaire à la réalisation d'une tâche. Les mémoires artificielles (les documents) joueraient le rôle de complément aux mémoires naturelles (les connaissances d'un individu, d'un groupe) dans le contexte de la réalisation d'une tâche. La recherche d'information dans les documents pourrait ainsi être considérée comme une alternative à la résolution de problèmes, autre activité mise en œuvre par l'humain quand il manque de connaissances pour réaliser une tâche<sup>5</sup>.

La navigation dans les systèmes d'information génère souvent des difficultés que l'ergonomie tente de comprendre et de résoudre. En particulier, les systèmes d'information électroniques que l'on retrouve sous la forme de bases de données, hypertextes, cédéroms, sites Web, etc., proposent des fonctionnalités nouvelles, voire extraordinaires, l'accès aux documents ayant plus progressé au cours de ces quinze dernières années qu'il n'avait progressé depuis des siècles. Pour donner un ordre de grandeur, 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*, tandis que la quantité de pages Web, elle, doublerait chaque année (Pirolli & Card, 1999). Au fur et à mesure que la quantité de documents augmente, le nombre d'utilisateurs sans formation en recherche d'information ayant accès aux bases de données électroniques augmente aussi (Koenemann & Belkin, 1996). Ainsi, ces nouveaux documents posent des difficultés nouvelles, donnant naissance, il y a une quinzaine d'années, à un nouveau champ de recherches en psychologie ergonomique. Ces recherches tentent de répondre aux questions suivantes. Pourquoi et comment l'individu prend-il conscience qu'il manque de connaissance, qu'il a besoin d'information ? Comment transforme-t-il cette prise de conscience en un but de recherche d'information ? Quelle activité met-il en œuvre pour rechercher de l'information dans les systèmes d'information ? Comment comprend-il et évalue-t-il le contenu des documents qu'il a sélectionnés ? Quels facteurs propres à l'individu, au document ou à

---

<sup>4</sup> Ce chapitre correspond pour l'essentiel à des réflexions menées avec Jean-François Rouet. La partie sur les tâches reprend des travaux menés avec Jocelyne Nanard puis avec Caroline Golanski. La partie sur la compréhension a bénéficié d'une collaboration plus récente avec Céline Lemerrier.

<sup>5</sup> Il est important de distinguer la recherche d'information comme activité générale de traitement des documents et de la recherche de références (activité impliquant peu le traitement de contenus, en tous cas pas le traitement des contenus trouvés). Dans ce chapitre je parle de RI dans le sens général. Les rares fois où j'aborde la recherche de références sont spécifiées.

l'interaction entre les deux influencent l'activité de recherche d'information? Quelles caractéristiques des systèmes d'information améliorent la mise en œuvre de cette activité? L'objet de ce chapitre est de faire le point sur ces questions et sur les réponses apportées par la recherche en psychologie ergonomique.

Faire le point sur ces recherches se heurte à deux difficultés majeures. Premièrement, la recherche d'information est étudiée dans des contextes nombreux et hétérogènes, dont certains relèvent du travail (du chercheur, du décideur, du technico-commercial, du journaliste, etc.) et d'autres non. Citons par exemple l'information sur les médicaments (Menon, Deshpande, Perri & Zinkhan, 2002), sur le cancer (Mesters, van den Borne, De Boer & Pruyn, 2001), sur la douleur (Casarett et al., 2001), l'orientation scolaire et professionnelle (Millar & Shevlin, 2003), l'information sur les retraites (Joo & Grable, 2001), l'information pendant les campagnes électorales (Lau & Redlawsk, 2001), les usages des nouveaux médias (Flanagin & Metzger, 2001), les stratégies d'étude (Myers & Knox, 2001), etc. Deuxièmement, les recherches qui tentent de répondre aux questions posées plus haut ne relèvent pas toutes de la psychologie ergonomique. D'autres branches de la psychologie traitent aussi de ces questions, comme la psychologie différentielle (Kim, 2002) ou scolaire (Reynolds & Symons, 2001), la psychologie du raisonnement (Chase, 2000) ou de la motivation (Hakkarainen, Lipponen, Jaervelae & Niemivirta, 1999), etc. D'autres disciplines scientifiques comme les sciences de l'organisation, l'informatique, l'interaction humain - machine, l'intelligence artificielle, etc. abordent aussi ces questions. Ainsi, la synthèse que je propose ici ne concerne pas, loin s'en faut, un champ structuré, mais plutôt des ensembles épars de recherches ayant des finalités, des théories et des méthodes différentes.

L'activité de RI est une activité secondaire (Rouet & Tricot, 1998 ; Pirolli & Card, 1999), au service d'une autre activité, comme la conception, la production écrite, la prise de décision, la préparation d'un voyage, etc. L'individu va utiliser le résultat de la navigation comme élément de l'activité principale. Celui qui met en œuvre cette activité est donc en situation de réalisation d'une double tâche. Cet aspect de la navigation doit être considéré car il explique probablement le caractère cognitivement exigeant voire coûteux de la navigation.

### **3.2 Principaux aspects de l'activité**

Comme je viens de l'indiquer, l'activité de RI est mise en œuvre dans de nombreux contextes différents. L'individu est en train de réaliser une tâche, et, prenant conscience qu'il manque de connaissance pour réaliser cette tâche, il décide de rechercher une information dans un document. Il suppose certainement que cette information va lui permettre de réaliser cette tâche. Ou bien, prenant conscience qu'il ne réalise pas cette tâche de façon optimale, il va tenter d'optimiser son activité par une RI. La première question à laquelle la psychologie ergonomique tente de répondre est donc : pourquoi et comment

l'individu prend-il conscience qu'il manque de connaissance, qu'il a besoin d'information? Cette prise de conscience relève vraisemblablement de l'évaluation absolue (*j'ai besoin ou non d'information*) ou relative (*j'ai plutôt besoin d'information*) voire de l'optimisation (*ce que va me rapporter cette information est supérieur au coût que je vais engager pour la trouver*).

### 3.2.1 *La prise de conscience du besoin d'information*

#### 3.2.1.1 Revue de la littérature

Définie comme manque de connaissance, la notion de besoin d'information est paradoxale. Pour prendre conscience que je manque de connaissance, il me faut des connaissances, notamment des métaconnaissances. Dans un domaine particulier, comme celui de l'orientation scolaire et professionnelle, on montre que les individus qui ont très peu de connaissances recherchent moins d'information que les individus qui ont déjà des connaissances. La décision de rechercher une information est influencée positivement par le fait d'avoir préalablement recherché de l'information (Millar & Shevlin, 2003). Toujours dans le même domaine, Gati, Saka et Krauz (2001) montrent que les difficultés relatives à la prise de décision d'orientation, et en particulier le manque d'information, sont d'autant plus importantes que le processus de décision est peu avancé. Dans le domaine de la recherche d'information sur les retraites, une étude menée aux États-Unis auprès de 711 travailleurs montre que ceux qui recherchent le plus d'information sur le financement de leur retraite sont les plus informés et les plus riches (Joo & Grable, 2001). Dans le domaine scolaire, Van der Meij (1990) analyse les décisions de rechercher une information, à propos de connaissances lexicales, de 84 élèves de fin d'école élémentaire. Il montre que les individus avec peu de connaissances posent plus de questions, mais que celles-ci sont indifférenciées et moins efficaces. Les sujets avec plus de connaissances posent plus de questions utiles et moins de questions inutiles. Ils sont plus capables de poser des questions spécifiques qui débouchent sur de l'information utile.

Ainsi, avec ces jeunes élèves, le besoin d'information n'est pas que paradoxal. Une enquête de Mesters, van den Borne, De Boer et Pruynt (2001) menée auprès de deux échantillons de 498 et 133 patients atteints d'un cancer, montre que le besoin d'information est d'autant plus important qu'il y a anxiété, dépression et souffrance psychologique. Le besoin d'information est orienté soit vers l'action soit vers la connaissance de la maladie. Au cours du temps, les besoins concernant la maladie et le traitement vont en diminuant. Ceux concernant l'accès à des aides non.

La notion de besoin d'information est donc complexe. Les individus peuvent ne pas savoir de quelle information ils ont besoin. Les sources de difficulté, outre le manque de connaissances, sont nombreuses. Les individus qui pensent qu'ils ne savent pas quels sont leurs besoins d'information peuvent très bien penser que

leurs questions n'ont pas de réponse ; en outre, les individus n'ont pas nécessairement conscience de leurs propres difficultés dans le domaine de la recherche d'information (Julien, 1999). Les individus peuvent aussi ne pas savoir où se trouve l'information une fois qu'ils ont réalisé qu'ils en ont besoin ; ne pas avoir conscience de l'existence des diverses sources d'information ; dans certains cas, cette information peut tout simplement ne pas exister (Harris & Dewdney, 1994).

Je pourrais donc, de façon tout à fait classique, définir le besoin d'information comme besoin de réduction d'incertitude. Une telle conception serait compatible avec les résultats que je viens d'évoquer, sous réserve que l'incertitude soit définie non pas comme un manque de connaissances mais comme la connaissance explicite (la prise de conscience) d'un manque de connaissances. Un raisonnement de type « négation de la conséquence » vient étayer cette position. Pensons en effet au biais de confirmation étudié en psychologie du raisonnement : après avoir pris une décision ou émis un jugement, les sujets ne recherchent pas d'information qui pourrait contredire cette décision. Ils ont même tendance à ne pas traiter cette information quand elle leur est présentée. Jonas, Schulz, Frey et Thelen (2001) montrent que ce biais est particulièrement fort quand l'information est présentée de façon séquentielle (alors qu'il est classiquement attesté dans des présentations simultanées). Pour les auteurs, cela est dû à une focalisation de plus en plus importante des sujets sur leur décision. Plus on tient à une décision, à une opinion, à une position, moins on a besoin de l'information (potentiellement contradictoire) à son propos. Plus on est soumis à des informations contradictoires que l'on refuse et plus on tient à sa décision.

Pour résumer : si j'ai de l'incertitude alors j'ai besoin d'information ; si je n'ai pas de connaissances alors je n'ai pas d'incertitude ; si j'ai de la certitude alors je n'ai pas besoin d'information. Conclusion : avoir besoin d'information implique que l'on ait de l'incertitude et donc des connaissances.

Les besoins d'information ne peuvent évidemment pas être définis uniquement de façon formelle. Ils ont un contenu, qui dépend du contexte de l'activité de l'individu, comme par exemple le domaine du tourisme où Cho (2001) a catégorisé les besoins d'informations des consommateurs.

### 3.2.1.2 Contribution empirique

En collaboration avec Jeannine Lafontaine (Tricot & Lafontaine, 2002) nous avons proposé à 50 élèves de Cycle III de rédiger des définitions de mots, en s'aidant ou non d'un dictionnaire encyclopédique. Les mots recherchés sont soit connus des élèves (on s'attend à ce qu'ils ne recherchent pas la définition), soit inconnus des élèves (on s'attend à ce qu'ils recherchent la définition). Deux versions du même dictionnaire sont utilisées : une version papier et une version électronique (pour chaque élève, soit l'une, soit l'autre). L'élève reçoit un carnet de 6 pages, avec, sur chaque page, un mot à définir. Ces mots sont Épitaphe, Ecchymose, Didascalie, Escargot, Bouteille, Escalier. Trois d'entre eux sont

connus des élèves, trois d'entre eux sont inconnus. L'ordre des mots suit une rotation d'un élève à l'autre.

Pour chaque mot, en dessous de l'espace donné pour sa première définition, il est demandé à l'élève d'évaluer s'il est sûr, peu sûr ou absolument pas sûr de cette définition. A la suite de cela, il peut, s'il le souhaite, rechercher la définition dans le dictionnaire. Il est prévenu que s'il recherche la définition il faudra qu'il en redonne une définition. Le dictionnaire est « fermé » au bout de 1'30'' ou quand la définition est trouvée, de sorte qu'il ne s'agisse pas pour l'élève de recopier la définition (les quatre élèves de CE2 ne réussissent pas à utiliser le dictionnaire proposé dans le temps imparti, leurs performances ne sont pas rapportées ici).

Nous avons ensuite présenté les mêmes 6 mots de 30 autres élèves de CM1 et de CM2 mais cette fois dans un texte, avec pour consigne de comprendre le texte, en s'aidant si besoin de leur propre dictionnaire.

Le texte était présenté dans deux versions différentes :

#### Molière et les acteurs

Molière écrivait des pièces de théâtre. Il était aussi acteur de théâtre et jouait dans la plupart de ses pièces. Peu de gens savent que cela posait des problèmes. En effet, la plupart des auteurs de théâtre sont seulement auteurs. Dans le texte qu'ils écrivent, quelques didascalies suffisent aux acteurs pour jouer la pièce. Molière, lui, travaillait directement avec les acteurs, et les embêtait tout le temps : « Parle plus vite, on dirait un escargot ! » ; « Parle plus lentement, on ne comprend rien ! ». Un jour, il dit à un acteur qui devait jouer un prince en train de manger un délicieux repas : « Regarde comment tu tiens ta fourchette, on dirait un paysan qui tient une fourche ». L'acteur se vexa, il poussa Molière dans les escaliers du bord de la scène de théâtre. Molière s'en sortit avec quelques ecchymoses. Mais il continua toute sa vie à embêter les acteurs. Son épitaphe mentionnait ce fait, mais aujourd'hui elle est effacée. Alors on a tendance à l'oublier.

#### Molière et les acteurs

Molière écrivait des pièces de théâtre. Il était aussi acteur de théâtre et jouait dans la plupart de ses pièces. Peu de gens savent que cela posait des problèmes. En effet, la plupart des auteurs de théâtre sont seulement auteurs. Dans le texte qu'ils écrivent, quelques didascalies suffisent aux acteurs pour jouer la pièce. Molière, lui, travaillait directement avec les acteurs, et les embêtait tout le temps : « Parle plus vite, on dirait un escargot ! » ; « Parle plus lentement, on ne comprend rien ! ». Un jour, il dit à un acteur qui devait jouer un prince en train de manger un délicieux repas : « Regarde comment tu tiens ta fourchette, on dirait un paysan qui tient une fourche ». L'acteur se vexa, il poussa Molière dans les escaliers du bord de la scène de théâtre. Molière s'en sortit avec quelques ecchymoses. Mais il

continua toute sa vie à embêter les acteurs. Son épitaphe mentionnait ce fait, mais aujourd'hui elle est effacée. Alors on a tendance à l'oublier.

A l'issue de la lecture (et de la recherche éventuelle de définitions dans le dictionnaire), des questions littérales, d'inférence ou de définition de mots étaient posées.

Les résultats sont les suivants.

<i>Pour les mots inconnus</i>	cherchent	trouvent
tâche « donner une définition »	100 %	96 %
tâche « comprendre le texte »		
mots non-soulignés	92 %	90 %
mots soulignés	90 %	86 %

Tableau 4. Décision de rechercher une définition et mise en œuvre selon la tâche, pour les mots inconnus

<i>Pour les mots connus</i>	cherchent	trouvent
tâche « donne une définition »	73 %	69 %
tâche « comprendre le texte »		
mots non-soulignés	0 %	0 %
mots soulignés	100 %	100 %

Tableau 5. Décision de rechercher une définition et mise en œuvre selon la tâche, pour les mots connus

Cette expérience illustre bien, je pense, le fait que le besoin d'information ne peut pas être considéré strictement comme un manque de connaissances. Deux besoins apparemment très différents, manque de connaissance pour les mots inconnus, besoin de vérifier (?) ou un besoin de se conformer à un « contrat didactique » (?) pour les mots connus, déclenchent un même comportement, dans une proportion moins différente que nous l'aurions cru (100% pour les mots inconnus, 73% pour les mots connus).

Deuxièmement, le déclenchement de l'activité de RI semble pouvoir être provoqué par des caractéristiques de l'environnement (mots soulignés), autant que par un besoin d'information. Les mots soulignés jouent ici le rôle d'*affordances*. Nous sommes en train de vérifier si cet effet est accentué quand la définition est directement accessible, par un simple click de souris. Ce résultat me conduit à envisager sérieusement l'hypothèse suivante : exactement comme dans la théorie de la pertinence, l'utilisateur d'un document postule que si le concepteur a décidé

de concevoir quelque chose d'une certaine manière, et notamment quand cette manière est ostensive, c'est que le concepteur essaie d'être pertinent.

Les résultats indiquent aussi que les élèves de fin de cycle III savent utiliser le dictionnaire encyclopédique, alors qu'ils ne savent absolument pas le faire en début de cycle III. Ils savent lire et comprendre les définitions de mots rares (Tableau 6). Enfin (Tableau 7), le fait d'interrompre souvent (un mot sur vingt) la lecture d'un texte pour aller chercher une définition semble pouvoir ne pas affecter la mémorisation du texte mais sa compréhension.

		Utilisé	non utilisé
Mots inconnus	Bonne définition	80 %	0 %
	Mauvaise définition	16 %	4 %
Mots connus	Bonne définition	2 %	4 %
	Mauvaise définition (ou pas meilleure que la première)	67 %	27 %

Tableau 6. Utilisation du dictionnaire et utilité de son utilisation selon que les mots sont connus ou non, pour la tâche « donne une définition »

	Questions littérales	Questions d'inférence
Texte mots non-soulignés	94 %	84 %
Texte mots soulignés	100 %	57 %

Tableau 7. Taux de bonnes réponses aux questions selon que les mots sont soulignés ou non, pour la tâche « comprendre le texte »

### 3.2.1.3 Conclusion

Si mon analyse est correcte, alors la prise de conscience d'un besoin d'information est un enjeu fort pour l'individu qui réalise une tâche. Pour aider les individus à rechercher de l'information il faut d'abord les aider à prendre conscience qu'ils ont besoin d'information. Pour ceci, différentes voies existent : il faut aider les individus à construire des connaissances dans le domaine ; il faut les aider à développer leur incertitude, à se poser des questions. Ainsi, il existe des techniques d'entretien pour l'évaluation et la prise de conscience du besoin d'information (Dervin, 1999) et certains systèmes d'information sont conçus dans une perspective ergonomique, d'abord pour aider les usagers à développer leur questionnement (Rufino & Tricot, 1995 ; ici §5.4.1).

Les résultats de mes travaux empiriques et l'analyse de la littérature me conduisent à proposer une première catégorisation générale des besoins

d'information. Les trois premiers ont une source interne à l'individu, les trois derniers une source externe :

- rechercher une connaissance que l'on n'a pas ;
- rechercher une confirmation d'une connaissance que l'on a ;
- rechercher une connaissance plus complète que celle qu'on a (mais aussi : un exemple, une illustration, un contre exemple, etc.) ;
- rechercher pour être conforme aux buts, aux contraintes, aux attentes de la situation ;
- rechercher des indications sur la forme de la connaissance à utiliser dans la situation ;
- rechercher parce que l'on a détecté un marqueur de pertinence dans la situation (ostension, mise en exergue visuelle, sonore, etc.)

### *3.2.2 Du besoin d'information au but de recherche*

Une fois que l'individu a conscience qu'il a besoin d'information, il va devoir conceptualiser et mettre en forme ce besoin afin qu'il devienne une question, une requête. Il va falloir par exemple définir quel mot clé, ou quels mots clés, correspondent le mieux au besoin d'information. Se demander si ces mots clés ne sont pas trop généraux ou au contraire trop précis, etc. Comment l'individu transforme-t-il cette prise de conscience en un but de recherche d'information ? On peut, de façon assez classique, concevoir que cette représentation mentale du but a une composante conceptuelle (qu'est-ce que je vais chercher ?) et une composante procédurale (comment est-ce que je vais chercher ?).

#### 3.2.2.1 Revue de la littérature

J'ai proposé (Tricot, 1993) de décrire un but de recherche d'information comme résultant de l'interaction entre la représentation mentale du besoin d'information, qui peut être précise ou floue, et la localisation de l'information pertinente (la cible), qui peut être unique et localisée, ou multiple et distribuée (Tableau 8). Armbruster et Armstrong (1993) ont eux aussi proposé une catégorisation (Tableau 9), où ils croisent la source du but (interne ou externe), le temps d'élaboration du but (avant, pendant ou après la RI), et enfin le caractère spécifique ou général du but. Il manquait, à l'époque où ces catégorisations ont été proposées, des études empiriques qui viendraient confirmer que ces différents buts entraînent chez les usagers des comportements, des stratégies et des difficultés différentes.

		Représentation du besoin informationnel	
		Précise	Floue
Localisation de la cible	Unique, localisée	Chercher un renseignement	Explorer
	Multiple, distribuée	Collecter	Butiner

Tableau 8. Quatre buts de recherche d'information, d'après Tricot (1993)

	Temps de la recherche			
	Avant		Pendant / après	
	Spécifique	Général	Spécifique	Général
Source du but : externe	Question explicite sur le texte	Recherche imposée sur un thème général	Question explicite sur le texte	Trouver des arguments pour étayer la conclusion
Source du but : interne	Localiser un fait	Recherche personnelle sur un thème général	Retour spontané vers le texte pour localiser un fait	Retour spontané pour localiser une source pour la conclusion

Tableau 9. Huit types de buts de recherche d'information, d'après Armbruster et Armstrong (1993)

Avec les systèmes hypertextes comme le Web ou les encyclopédies électroniques modernes, l'individu va pouvoir utiliser en continu le document comme *feedback* pour l'élaboration de sa représentation du but : le but s'élabore et évolue au cours de la navigation. C'est là que se situent un des plus grands avantages des hypertextes mais aussi une de leurs plus grandes difficultés d'utilisation, la gestion continue du but devenant une composante majeure de l'activité de recherche d'information. Ceci impliquerait un maintien de la représentation du but en mémoire de travail, tandis que d'autres activités sont en cours : planification, sélection, compréhension, évaluation.

Il existerait trois ou quatre sources ayant de l'influence sur la formation de la représentation but, dont l'expertise conceptuelle et procédurale des individus. Dans le domaine de l'information sur la santé par exemple, Cytryn (2003) propose de prendre en compte quatre facteurs pour rendre compte de la décision de rechercher une information : accessibilité, familiarité, complexité et crédibilité. L'accessibilité serait influencée par l'expertise procédurale de l'individu ainsi que par des caractéristiques de l'information et du système qui la supporte. La familiarité serait influencée par l'expertise conceptuelle de l'individu. La complexité décrirait des caractéristiques conceptuelles et structurelles de l'information. Je m'arrête sur la quatrième notion, celle de crédibilité. En effet, comme Cytryn (2003), de nombreux auteurs soulignent le rôle important de la

crédibilité de la source. Mais cerner la notion de crédibilité est parfois délicat. Par exemple, Hertzum, Andersen, Andersen et Hansen (2002) ont conduit une étude auprès d'un groupe de 16 ingénieurs puis auprès d'un groupe de 8 jeunes. Les individus du premier groupe doivent déterminer leur confiance dans des sources d'information (humains, documents et agents virtuels) de leur domaine professionnel, tandis que les individus du second groupe évaluent des documents commerciaux dans un domaine pour lequel ils n'ont pas d'expertise particulière. D'après les individus des deux groupes, leur confiance dans les sources provient de la crédibilité des sources. Pour les ingénieurs, la crédibilité est liée à la connaissance de première main de la source ou à la recommandation d'un collègue. Pour les individus du second groupe, c'est plus l'apparence du document qui compte. Les connaissances des individus leur permettraient donc d'avoir une approche plus fondée (bien que discutable) de la crédibilité. Muha et al. (1998) ont conduit une enquête par téléphone auprès de 2489 usagers d'un service d'information sur le cancer. Le centre fonctionne comme une source spécifique pour 59 % des sujets. Seuls les sujets jeunes (moins de 40 ans) et ayant une pratique de la recherche d'information, font de la recherche d'information auprès d'autres sources (les professionnels de la santé, les bibliothèques et les librairies) pour chercher la même information que celle du centre et sont donc à même d'évaluer la crédibilité des sources, de comparer, de critiquer.

Il est possible de situer la crédibilité de la source au sein de l'activité de RI dans les systèmes d'information. Pour Cho (2001), les connaissances antérieures, les besoins d'information et la crédibilité des sources affectent la RI. La crédibilité de la source est le facteur qui affecte le plus l'utilisation de la source.

### 3.2.2.2 Contribution empirique

Dans une recherche menée avec mes collègues de Rennes (Tricot, Drot-Delange, Foucault & El Boussarghini, 2000), nous avons présenté une étude de cas à 16 enseignants, dont certains sont des utilisateurs réguliers du Web et d'autres des non-utilisateurs du Web. Les premiers sont de jeunes enseignants, les seconds des enseignants expérimentés. L'étude de cas fictif présente un adolescent en proie à des difficultés personnelles et scolaires. A la suite de la présentation écrite du cas, 20 propositions sont faites : des conclusions, des indications de conduite à tenir. Les sujets doivent évaluer la pertinence de chacune pour permettre de mieux comprendre le cas. Les sujets sont contraints en temps, et on met à leur disposition un site Web d'enseignement de la psychologie de l'adolescent, comprenant approximativement 600 pages. Pour chaque proposition, 0, 1 ou 2 pages sont pertinentes dans le site Web. 23 pages sont pertinentes en tout.

	Niveau préalable en navigation (max. = 16)	Niveau préalable en psychologie des adolescents (max. = 7)	Score à l'étude de cas (max. = 100)
Utilisateurs réguliers du Web	7,9 (s'=2,7)	4,0 (s'=0,8)	50,8 (s'=5,2)
Non-utilisateurs du Web	1,0 (s'=1,3)	3,5 (s'=1,2)	51,0 (s'=4,6)

Tableau 10. Principales performances moyennes (et écart-types) des deux groupes de sujets.

Les résultats montrent que les deux groupes ont sensiblement les mêmes performances au pré-test en psychologie de l'adolescent et à l'étude de cas. Les meilleures compétences à utiliser le Web des jeunes enseignants ne leur permettent pas d'obtenir une meilleure performance à l'étude de cas. L'étude de l'utilisation du site Web va me permettre (partiellement) d'être plus précis dans mon interprétation.

	N total de nœuds sélectionnés	N de nœuds différents sélectionnés	N de cibles sélectionnées (max. = 21)
Utilisateurs réguliers du Web	127,9 (s'=25,5)	108,1 (s'=13,9)	3,5 (s'=3,0)
Non-utilisateurs du Web	1 (s'=0)	1 (s'=0)	0 (s'=0)

Tableau 11. Résultats moyens (et écart-types) en recherche d'information

Il semblerait que les faibles compétences à utiliser le Web conduisent les enseignants expérimentés à ne pas utiliser le site Web et à répondre par eux-mêmes aux questions. Réciproquement, les bonnes compétences à naviguer sur le Web des jeunes enseignants les conduisent à utiliser (mais très inefficacement) le site Web. En outre, l'analyse des relations entre rappel et précision, pour le groupe des utilisateurs réguliers du Web sont qualifiées par Buckland et Gey (1994) de *perverses* : la précision est très faible, mais elle augmente avec le rappel. Tout se passe comme si la majorité des sujets avait eu un comportement essentiellement imprécis : ouvrir beaucoup de nœuds, quel que soit leur contenu.

Le tableau suivant permet de mieux comprendre ce phénomène. On y rend compte, à partir du modèle d'analyse de Tricot et Tricot (2000, ici § 5.5.2) des liens entre l'extraction de chaque cible et la qualité de la réponse à la question correspondant à cette cible.

	Cibles extraites	Cibles non extraites	
Bonnes réponses	0,08	0,20	0,28
Mauvaises réponses	0,23	0,50	0,73
	0,30	0,70	

Tableau 12. Analyse des liens entre les fréquences d'extraction des cibles et qualité des réponses chez les utilisateurs réguliers du Web

Dans le groupe des utilisateurs réguliers du Web, dans 23 % des cas, le fait de trouver une cible ne permet pas de répondre correctement à la question correspondante, et dans 20% des cas, le fait de répondre correctement à la question n'implique pas le fait d'extraire la cible correspondante. Le taux d'utilisation efficace (*i.e.* cible extraite et bonne réponse correspondante) est très faible (8%), sans doute peu différent du taux de ceux qui ont choisi de ne pas utiliser le site Web (0%) ! Les savoir-faire des utilisateurs réguliers du Web les ont conduits à utiliser cet instrument... mais pas à être efficaces. Le site Web avait été choisi par qu'il est difficile à utiliser comme une encyclopédie : c'est un site Web d'enseignement, correspondant à un semestre de cours, et non pas à une RI limitée à 35 minutes.

Il semblerait donc que la présence d'un instrument correspondant aux savoir-faire des sujets puisse déclencher une utilisation, voire une sur-utilisation (une utilisation poussée mais inefficace) de l'instrument, quand bien même cet instrument est faiblement utile ou faiblement utilisable. Quand l'instrument inadéquat ne correspond pas aux savoir-faire des sujets, ces derniers décident de ne pas l'utiliser, ce qui est au bout du compte un comportement plus rationnel que celui des sujets « compétents ». Si mon interprétation est correcte, elle soulève une question. Pourquoi les utilisateurs réguliers du Web ont-ils à la fois un bon score à notre pré-test censé mesurer les compétences à naviguer sur le Web et une performance faible à la tâche de recherche d'information sur le Web ? Le pré-test que nous avons conçu pour évaluer des savoir-faire pourrait avoir comme caractéristique d'évaluer des connaissances explicites (les sujets doivent pouvoir dire ce qu'il faut faire) et instrumentales (le test concerne la manipulation de l'instrument, de ses fonctionnalités). La tâche de recherche d'information que nous avons proposée impliquerait au contraire une activité importante d'évaluation de la pertinence des informations trouvées, et plus encore, d'évaluation de la pertinence de l'instrument disponible pour réaliser la tâche. Dit autrement, il est possible que la tâche que nous avons proposée implique un traitement métacognitif important, traitement qui n'est pas favorisé par les savoir-faire que les utilisateurs réguliers du Web auraient construits. C'est pourquoi il me semble envisageable de considérer deux registres de savoir-faire nécessaires à l'utilisation efficace de documents électroniques : des savoir-faire instrumentaux et des savoir-faire informationnels. Les savoir-faire instrumentaux concerneraient la manipulation de l'instrument, de ses fonctionnalités, tandis que les savoir-faire

informationnels concerneraient l'évaluation de l'état du besoin informationnel, de la pertinence des documents sélectionnés et des instruments disponibles.

### 3.2.2.3 Conclusion

Les connaissances antérieures dans le domaine de contenu ont un effet sur la formation de la composante conceptuelle de la représentation du but. Les connaissances antérieures dans l'utilisation du système d'information, que j'appelle des compétences techniques, ont un effet sur la formation de la composante procédurale de la représentation du but. La crédibilité des sources (soit une relation de jugement entre l'individu et la source) a un effet sur l'élaboration de la représentation du but. Il semble qu'il existe des habiletés générales dans le domaine de l'information qui pourraient influencer cette activité. Il est en tous cas possible de montrer que parfois les connaissances dans le domaine de contenu et de bonnes compétences techniques ne suffisent pas pour réaliser une tâche de recherche d'information. J'appelle ces habiletés générales des compétences informationnelles. La prise de conscience, la conceptualisation et la formalisation du besoin d'information seraient, selon Henri et Hay (1994) ou d'autres, l'une de ces compétences informationnelles, ni technique, ni strictement dépendante du domaine de contenu. Mais à l'heure actuelle les travaux sérieux sur l'identification de ces compétences informationnelles sont très rares.

### 3.2.3 *Mise en œuvre de l'activité de recherche d'information*

Une fois que l'individu a pris conscience plus ou moins clairement de son besoin d'information, puis qu'il a conceptualisé et formalisé plus ou moins précisément ce besoin pour élaborer un but d'information, quelle activité met-il en œuvre pour rechercher de l'information dans les documents ?

En recherche d'information comme dans toute activité de résolution de problèmes, l'individu commence par construire une représentation de la tâche sans disposer des moyens de la réaliser (Hoc, 1987, p. 129). On vient de voir que l'individu fonde probablement son activité sur une représentation du but d'information qui comprend un aspect conceptuel et un aspect procédural. La planification de l'activité correspondrait pour une bonne part à la mise en œuvre de la composante procédurale de la représentation du but, en fonction de la connaissance que l'utilisateur a du système d'information et des circonstances de l'activité (temps disponible, degré d'exigence de la tâche).

Cette représentation est donc transformée en une requête, dont la formulation dépend à la fois du contenu recherché et des contraintes imposées par le système d'information. Cette requête peut être explicitement formulée, dans le cas de l'interrogation de bases de données, de moteurs de recherche, voire d'une question à un humain. Mais, de nombreux systèmes (hypertextes) ou fonctionnalités (index, tables des matières) offrent la possibilité intéressante de ne pas formuler une requête. L'utilisateur, à partir d'une lecture souvent rapide et

superficielle d'un ensemble de titres ou mots-clés, choisit une entrée dans le système d'information. On comprend aisément que de très nombreuses études empiriques aient montré le rôle important des connaissances de l'utilisateur à cette étape de l'activité.

Dans de nombreux systèmes d'information il est aujourd'hui très commun de trouver ces différentes fonctionnalités, dont certaines impliquent la formulation d'une requête et d'autres non. La connaissance du rôle spécifique de chacune de ses fonctionnalités pourrait constituer une compétence documentaire importante.

L'individu procède ensuite à une sélection des sources pertinentes parmi une liste (le résultat de la requête ou un index thématique par exemple), en comparant celles-ci à sa représentation du but informationnel. Cette décision de sélectionner un document plutôt qu'un autre est fondée sur le traitement d'éléments limités du document : titre, mots clés, mais aussi indicateurs paralinguistiques (mots en gras, soulignés, ou en couleur). Si la liste (résultat, index, table) contient un document pertinent (ou un nombre limité) l'individu va sélectionner ce document pour le traiter plus en profondeur. Si le résultat contient des documents partiellement pertinents, trop ou trop peu de documents pertinents, l'individu va généralement réviser sa stratégie, par exemple en reformulant sa requête, pour préciser, compléter ou généraliser celle-ci. Enfin, si la liste ne contient aucun document pertinent, l'individu va réviser non seulement sa formulation ou le choix de la fonctionnalité, mais parfois même sa représentation du but.

L'étude de cette activité de sélection de documents montre que le traitement des résultats et la sélection interagissent avec la représentation du but, précisant celle-ci, ou, au contraire, la faisant diverger. Si bien qu'il est fréquent d'observer des comportements de sélection apparemment peu rationnels : l'individu ne sélectionne pas un document pourtant pertinent ; l'individu sélectionne un document non pertinent ; l'individu, après avoir sélectionné un document pertinent, continue sa recherche. L'évolution, et parfois la perte, du but informationnel au cours de la navigation dans les systèmes d'information semble accentuée par les systèmes de type hypertextes. Le principal problème de ces nouveaux systèmes d'information a souvent été désigné depuis Conklin (1987) comme relevant d'une surcharge cognitive, l'utilisateur ne se souvenant parfois plus de son but, des documents précédents consultés, voire même du chemin qu'il a suivi pour trouver le système dans l'état courant.

Ainsi, mettre en œuvre une activité de recherche d'information implique une planification, un contrôle métacognitif et une régulation de la propre activité de l'individu.

#### *3.2.4 Compréhension des documents sélectionnés*

Quand l'individu a sélectionné un ou des documents, il doit en comprendre le contenu, pour pouvoir ensuite évaluer en quoi ce contenu correspond ou non à

son but (en quoi il lui permet de réaliser la tâche en cours, en quoi il satisfait son besoin d'information, bref, en quoi il est pertinent). Pour résumer ce que j'ai rapporté de Sweller dans la partie 2 : la compréhension est le mécanisme représentationnel qui soutient l'interaction entre un individu et une situation. La mémoire et l'apprentissage sont deux fonctions adaptatives, complémentaires l'une à l'autre, qui soutiennent la compréhension dans les cas où l'interaction entre l'individu et la situation se produit pour une première fois, et dans les cas où elle tend à se répéter.

Avec les documents électroniques, l'individu traite des documents multimédia et/ou multisources. Je vais évoquer maintenant la compréhension de ces documents particuliers.

#### 3.2.4.1 Comprendre des documents multimédia

Le traitement de documents de formats hétérogènes (textes, images, vidéos, sons) implique une activité cognitive souvent appelée intégration multimédia. Comprendre un document multimédia implique en effet de comprendre en quoi les différentes parties du document, représentées selon des formats différents, sont mutuellement référencées. Cette activité se retrouve évidemment dans le traitement de tous les textes, elle est au départ non-spécifique. On peut aisément montrer que la compréhension d'un texte est altérée aux passages où la continuité référentielle du texte est rompue (Denhière, 1984). Mais le traitement du référencement mutuel des différentes parties d'un document semble accru avec les nouveaux documents que l'on trouve sur le Web, dans les encyclopédies électroniques, etc. Généralement, le traitement d'un texte illustré d'une image produit une meilleure compréhension que le traitement du même texte non-illustré, sous réserve que cette illustration soit pertinente. Pour autant, un tel document entraîne souvent un effet de partage de l'attention, le lecteur ne pouvant à la fois lire le texte et regarder l'illustration. Plus encore, il est parfois difficile pour l'individu de comprendre en quoi tel détail de l'image correspond à tel passage du texte. Des solutions ergonomiques existent. J'en rapporte plus bas et renvoie à la lecture de Ganier, Gombert et Fayol (2000). Enfin, la compréhension d'images animées, de vidéos ou de simulations semble parfois meilleure que la présentation des mêmes images mais statiques, dans certains domaines (la description de phénomènes temporels) et sous certaines conditions (notamment de connaissances du domaine de contenu chez l'individu). Pour une synthèse voir Bétrancourt et Tverski (2000).

D'après Mayer (2001); Moreno & Mayer, 1999), la compréhension d'un document multimédia se réalise comme suit. L'information présentée visuellement est traitée dans un premier temps, dans la mémoire de travail visuelle alors que l'information présentée auditivement est d'abord traitée par la mémoire de travail auditive. Par exemple, dans la lecture d'un texte, les mots peuvent initialement transiter par la mémoire de travail visuelle puis être traduits en sons dans la mémoire de travail auditive. Dans une situation de compréhension d'un document multimédia où un discours est présenté conjointement à une animation

correspondante sur la formation des éclaircs, Mayer montre une meilleure performance que dans une situation où ces deux types d'information (verbale / imagée) sont présentées séquentiellement. Pour Mayer, les sujets peuvent dans la situation de présentation multimédia prendre en compte les représentations verbales et imagées correspondantes en mémoire de travail en même temps. Ils sont alors plus à même de construire des connexions référentielles entre elles. Ce phénomène est relatif au principe de représentation multiple de l'information.

Ces résultats sont cependant à nuancer suite aux travaux menés par Schnotz sur la compréhension de documents texte / image, où il montre que le format de présentation de l'image s'avère dans certains cas néfaste à la compréhension du document par l'individu. Schnotz met ici en évidence une variation des performances de compréhension liée à une modification du format de présentation de l'information imagée. Schnotz et Bannert (2003) distinguent deux formes de représentations : les représentations descriptives (relatives à l'analyse du texte) et les représentations décriptives (relatives au traitement visuel de l'image). Pour comprendre un texte illustré par des images, le lecteur doit construire à la fois une représentation propositionnelle du texte et un modèle mental de l'image illustrant celui-ci, et confronter ces deux types de représentations. La construction d'une organisation conceptuelle cohérente d'un document texte - image nécessite entre autre l'action de processus attentionnels sélectifs (dont le rôle est la sélection de l'information pertinente à la tâche) et d'organisation de l'information sélectionnée, ainsi que des interactions avec la mémoire à long terme afin de construire un modèle mental intégrant les informations issues du texte et de l'image. A partir de ses travaux, l'auteur montre que le bénéfice lié au double-codage de l'information n'est pas systématique, et questionne par là même la théorie du double-codage de Paivio (1986). En effet, d'après Paivio, le double codage texte/image doit conduire à la construction de représentations ou structures cognitives plus élaborées qu'un codage unique du texte, favorisant une meilleure mémorisation de l'information, et de meilleures performances dans l'acquisition de connaissances. La théorie du double-codage de Paivio ne proposant aucune hypothèse sur la qualité de l'image ou de l'illustration présentée sur les performances de compréhension, alors quelle que soit la forme prise par l'illustration ou l'image, elle devrait permettre une facilitation de la compréhension quelle que soit la tâche à réaliser par le sujet comprenant. Pour Schnotz (1993), au contraire, le type d'image ou d'illustration présentée influe sur la performance de compréhension du sujet suivant le type de tâche qu'il a à réaliser. Il a ainsi montré que si la forme prise par l'illustration (diagramme en tapis versus diagramme en cercle) n'est pas compatible à la tâche proposée, alors celle-ci interfère sur les performances de compréhension du sujet apprenant. L'incompatibilité de la forme prise par l'illustration par rapport à la tâche à réaliser d'une part et au texte d'autre part induit une plus grande difficulté pour le sujet à mettre en lien les données issues du texte et de l'image, et gêne l'intégration des deux types d'information (textuelle et imagée) dans une organisation conceptuelle cohérente.

### 3.2.4.2 Comprendre des documents multisources

Classiquement, dans la compréhension d'un document simple, émanant d'une source unique, le principe de cohérence de la représentation du lecteur était admis. La diffusion de plus en plus large des documents multisources pose un problème aux psychologues, le principe de cohérence de la représentation élaborée par le lecteur ne tenant plus. Comprendre un document multisources contradictoires implique en effet l'élaboration d'une représentation contradictoire, incohérente. Les travaux sur la compréhension de documents multisources mettent en évidence la mobilisation de traitements spécifiques, qui aboutiraient à l'élaboration d'une représentation multidocumentaire (Perfetti, Rouet & Britt, 1999). Selon Wineburg (1991, 1994) et Rouet (2000) les lecteurs experts dans le traitement des documents multisources procèdent à une indexation des documents. Quel est le type de texte ? Quel est l'auteur ? Quelle est la date de publication ? etc. Ils procèdent aussi à une comparaison des textes. Quelles sont les contradictions ? Quelles sont les corroborations ? Ils procèdent enfin à une contextualisation du contenu. Quels sont les lieux, les temps, les conditions auxquelles il est fait référence ? Ces traitements aboutiraient à l'élaboration d'une représentation multidocumentaire, qui, selon Perfetti et al. (1999) est composée de deux éléments : d'une part, un modèle intertexte dans lequel les différentes sources d'informations sont représentées, ainsi que certains éléments de contenu et les relations inter-sources ; d'autre part, un modèle intersituation dans lequel les différentes situations proposées par les documents sont représentées. Il peut d'ailleurs s'agir d'une même situation dont certains aspects sont spécifiques et d'autres variables selon les sources. Selon le cas, l'utilisateur va élaborer des représentations séparées des différents contenus, une représentation fusionnée des différents contenus, une indexation complète de chaque contenu à sa source, ou, enfin, une indexation sélective de certains contenus à certaines sources (Britt, Perfetti, Sandak & Rouet, 1999). Cette dernière représentation serait la plus fréquente chez les bons lecteurs de documents et correspondrait à ce que Perfetti et al. (1999) appellent une représentation multidocumentaire. L'élaboration de cette représentation impliquerait donc la mobilisation de savoir-faire spécifiques au traitement des documents multiples ainsi que la mobilisation de connaissances conceptuelles relatives au domaine de contenu. Le rôle de la MLT est donc sensiblement le même que dans le modèle de Kintsch, à deux différences près. En MLT, certaines connaissances sont représentées par leur contenu et par leur source, et non pas seulement par leur contenu (Rouet, Britt, Mason & Perfetti, 1996). Il s'agit là d'une proposition originale qui ne recouvre manifestement pas la dualité classique sémantique / pragmatique, et dont les auteurs apportent des preuves convaincantes. En MLT, certaines connaissances sont représentées de façon non cohérente, ou bien, certaines connaissances, cohérentes grâce au modèle intersource, mettent en relation des contenus non cohérents entre eux. Le modèle intersituation n'est pas cohérent tandis que le modèle intersource rend compte de cette incohérence. On trouve là une évolution, entre le modèle dans sa version de 1996 (Rouet et al., 1996) et celle de 1999 (Perfetti et al., 1999). En 1996, les auteurs n'ont pas encore forgé le terme de représentation

multidocumentaire, ils parlent de « modèle rhétorique » pour désigner la représentation élaborée par l'individu qui lit plusieurs documents, et semblent tenir à un modèle intersource cohérent. En 1999, les auteurs ne sont pas seulement plus précis. Ils semblent adopter l'idée qu'il puisse exister des représentations non cohérentes, en MDT comme en MLT. Cette idée de non-cohérence a des implications différentes selon que l'on parle de MDT ou de MLT. Mettre à jour ces conséquences me semble être un défi à relever pour la psychologie cognitive. Il faudra en outre dans le domaine de la compréhension essayer d'être clair sur le sens que l'on attribue au mot cohérence. La psychologie du raisonnement nous a en effet appris qu'un raisonnement peut être incorrect au niveau logique tout en étant correct au niveau normatif (au sens de norme sociale par exemple). En étudiant les biais cognitifs à un niveau logique uniquement, on aboutit à la conclusion que la cohérence n'est peut-être pas une valeur centrale de l'organisation des connaissances en MDT. Si l'on prend les choses au niveau normatif, voire même au niveau adaptatif, ce manque de cohérence du raisonnement et de l'organisation des connaissances en MDT est beaucoup moins évident. Pour reprendre très rapidement une idée classique de Johnson-Laird (1983), si les humains traitent souvent l'implication comme une implication réciproque (erreur logique), c'est parce que c'est souvent vrai dans leur environnement (adaptation).

Quand un individu traite simultanément de nombreux documents, ou même quand il traite consécutivement de nombreux documents, par exemple dans le cadre d'une recherche d'information sur le Web, construit-il une représentation cohérente ? Ce qu'il élabore a-t-il le moindre rapport avec un modèle de situation ? Apprend-t-il quelque chose de cohérent ? En termes de compréhension, il semble donc que l'adressage soit plus important que la cohérence, que l'on parle des situations traitées ou des connaissances en MLT.

#### 3.2.4.3 Discussion et synthèse sur la compréhension de documents électroniques

Les modèles de la compréhension de documents complexes sont clairement insérés au sein des théories de la mémoire. En revanche, l'inhibition, conçue aujourd'hui comme un mécanisme fondamental du fonctionnement de la mémoire, ne semble pas clairement intégrée dans les modèles de compréhension de documents complexes que j'ai décrits. Est-ce que comprendre pourrait être interprété aussi comme une activité d'inhibition de sources ou de représentations non pertinentes ? C'est clairement le cas dans le modèle de Kintsch qui décrit les inférences de suppression. Est-ce que l'inhibition ne pourrait pas être un des mécanismes mis en œuvre par les individus quand ils doivent faire face à des documents redondants ou à des sources interférentes ? L'apport des modèles de compréhension multimédia à la connaissance des phénomènes mnésiques est loin d'être négligeable. Les modèles de Sweller et Mayer constituent chacun une proposition générale originale du fonctionnement de la mémoire et des apprentissages. Le modèle de Perfetti et al. pose une question importante, celle de la non-cohérence des représentations, à laquelle la recherche en psychologie

cognitive devra répondre à la fois en ce qui concerne la MDT et la MLT. Enfin, le modèle de Schnotz permet une révision importante du modèle de Paivio.

La figure 3 présente une vue synthétique de la compréhension de documents électroniques telle qu'elle est conçue dans les modèles sus-présentés, permettant d'apporter une réponse à ces deux interrogations. La compréhension de documents électroniques peut être envisagée sur la base du document, en rapprochant chaque aspect du document (type et format des documents – contenus – réponse attendue) aux niveaux de traitement de l'information : niveau sensoriel, sémantique, et technique (Schnotz & Lowe, 2003). On peut mettre en relation ces niveaux de traitement et les processus en jeu : sélection, organisation, intégration et action (Mayer, 2001 ; Sweller, 1999), impliquant d'une part les ressources attentionnelles ou de traitement, et les structures mnésiques à court et à long terme. J'ai insisté sur le fait qu'avec Perfetti et al. le niveau sémantique pouvait, avec les documents multiples, ne pas être cohérent. Les traitements cognitifs réalisés par l'individu peuvent être représentés en regard de ces niveaux du document.

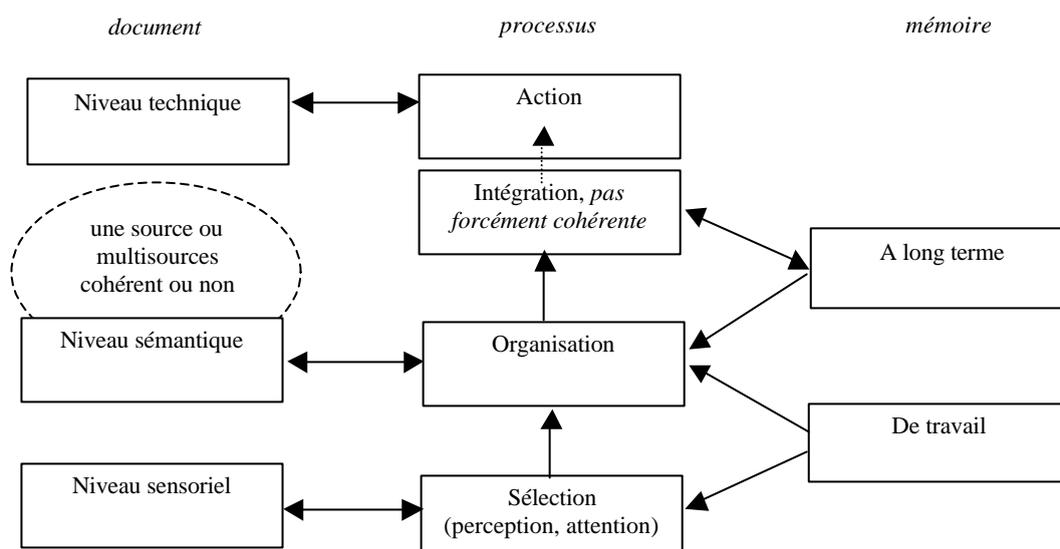


Figure 3. Niveaux du document, types de traitements et de mémoire impliqués dans la compréhension multimédia

Au niveau sensoriel, le document ferait principalement intervenir le processus de sélection de l'information pertinente développé par Mayer, et qui recouvre l'action des processus de sélection attentionnelle précoces. J'ai recensé dans cette partie et dans le § 2.5.4 les effets que les travaux de Sweller et de Mayer ont mis en évidence à ce niveau de traitement. Mais ce niveau est peu étudié en tant que processus psychologique : c'est un niveau invoqué.

Au niveau sémantique du document, correspondent les processus que Mayer appelle organisation et intégration. Les travaux que j'ai recensés soulignent le

caractère particulier de l'organisation dans le cas de documents multimédia et/ou multisources. Ils insistent surtout sur le rôle fondamental de l'intégration des médias et des sources comme constituant de la compréhension. Mayer et Sweller mettent à jour un nombre conséquent de façons d'influencer positivement cette activité d'intégration, par l'intermédiaire de la configuration des différentes sous-parties du document. Perfetti et al. envisagent que cette intégration n'est pas forcément cohérente, ou en tous cas, qu'elle est plus adressée que nécessairement cohérente, en distinguant le niveau du modèle intersources de celui du modèle intersituations.

Enfin, au niveau technique du document correspond l'action de l'individu – utilisateur. Ce niveau est négligé par les modèles de la compréhension.

Je voudrais maintenant discuter d'un aspect critique des relations entre les modèles de Mayer, Sweller, Schnotz et Perfetti et al. Le concept de multimédia ou de sources d'informations multiples ne renvoie pas à la même réalité pour tous. Chez Sweller et chez Mayer, les sources d'informations multiples sont souvent des représentations linguistiques et picturales dont le contenu traite de façon homogène d'un même phénomène ou d'une même entité (un schéma électrique, une figure électrique, le cœur et la circulation sanguine, la formation des orages). Sans le citer, Sweller et Mayer travaillent sur ce que Schnotz (2001) appelle interaction entre représentations descriptives (le texte) et décriptives (les images). Contrairement à cette première définition du document multimédia, chez Perfetti et al. (1999 ; voir aussi Rouet, Britt, Mason & Perfetti, 1996 ; Rouet, Favart, Britt & Perfetti, 1997) les sources multiples désignent des documents qui émanent d'auteurs différents et/de supports différents (controverse historique sur l'isthme de Panama ; controverse journalistique sur les manifestations de Nouméa). Chez Sweller, Schnotz et Mayer, le but est l'élaboration d'une représentation cohérente (du point de vue de l'auteur) du document multimédia par le sujet comprenant. Dans cette perspective les auteurs se sont particulièrement intéressés aux facteurs cognitifs internes, tel que l'expertise dans le domaine de connaissance pouvant influencer sur la compréhension. Les travaux de Sweller en particulier sur l'influence du niveau l'expertise en électricité sur la compréhension d'un document multimédia retraçant le montage électrique, ont permis entre autres, le développement du concept de redondance. Chez Perfetti et al. au contraire, le but est l'élaboration par le récepteur (le sujet comprenant) d'une représentation multidocumentaire (pas forcément cohérente du point de vue des auteurs), intégrant un modèle intersituation et un modèle intertexte. Dans cette perspective, les auteurs ont développé des études visant à mieux appréhender l'influence de facteurs externes, tels que le type de tâche demandée aux sujets, sur la compréhension du sujet (Rouet, Vidal-Abarca, Bert-Erboul & Millogo, 2001), sans pour autant négliger les facteurs internes (Rouet et al., 1997). L'étude des facteurs cognitifs internes (âge, sexe, expertise, motivation) et externes (but de la tâche, type de matériel, facteurs environnementaux) est donc une piste de recherche intéressante pour mieux appréhender la compréhension de documents électroniques.

#### 3.2.4.4 Perspectives

Il me semble important de pouvoir aborder les processus perceptifs et attentionnels en tant que tels dans les travaux sur la compréhension de documents électroniques. Il serait par exemple intéressant dans l'étude de l'effet de dissociation de l'attention sur la compréhension, d'évaluer à l'aide d'un matériel d'enregistrement oculaire les déplacements de l'œil sur les différents documents présentés suivant qu'ils soient considérés par le sujet comprenant comme la référence ou comme illustratif du thème à comprendre, en d'autres termes comme source prioritaire versus secondaire d'information. Dans cette même perspective, l'étude des déplacements oculaires et des temps de fixation oculaires sur les documents présentés suivant la tâche à réaliser (résoudre un problème, répondre à des questions précises, inférer) ou le contexte général de la tâche permettrait de renseigner l'importance relative de chaque document dans la compréhension. Dans le même ordre d'idées, il serait intéressant d'étudier l'effet de redondance en lien avec les travaux menés sur l'interférence en attention sélective, afin de mieux comprendre pourquoi deux informations identiques présentées en parallèle, en d'autres termes congruentes en tout point, gênent la compréhension plutôt que de la faciliter. Les derniers travaux de la théorie de la charge cognitive commencent à traiter les mouvements oculaires à travers le développement d'outils permettant l'enregistrement et l'analyse des mouvements oculaires lors du traitement d'un document multimédia (Tabbers, 2002). Ces travaux devraient permettre d'utiliser les protocoles et paradigmes existants pour analyser différemment l'effet du multimédia sur l'apprentissage.

#### 3.2.5 *Évaluation des documents sélectionnés*

Ces documents sélectionnés et « compris » par l'individu sont aussi évalués relativement au but informationnel. La pertinence est non seulement relative au contexte, à la tâche et à l'individu (Pirolli & Card, 1999), elle est en outre évolutive. Tel contenu peut être découvert comme pertinent *a posteriori*. L'individu, quand il prend conscience de son besoin d'information, peut avoir une représentation pauvre de ce besoin. Cette dernière peut être enrichie (ou dévoyée) par le traitement des contenus sélectionnés. Le lecteur de ce chapitre pourra aisément admettre qu'il est parfois difficile de maintenir stable en mémoire de travail le but informationnel alors que l'on est engagé depuis plusieurs minutes dans la compréhension d'un ou plusieurs documents complexes. Cette boutade est là pour signifier que ce dernier aspect de l'activité de RI est largement sous étudié. J'y reviendrais dans le prochain chapitre 3.4 sur la modélisation de l'activité de RI.

#### 3.2.6 *Conclusion*

Prendre conscience que l'on a besoin d'information n'est pas une activité allant de soi, elle implique de l'incertitude donc des connaissances. La conception

ergonomique d'un système d'information peut passer par l'aide à cette prise de conscience.

Transformer un besoin d'information en but de recherche implique des connaissances dans le domaine de contenu, des compétences techniques et peut-être informationnelles. Cette activité engage une première évaluation de la crédibilité de la source.

Mettre en œuvre l'activité de recherche d'information passe par la formulation d'une requête et la sélection de documents parmi une liste de résultats ou la sélection directe parmi un ensemble d'entrées possibles (index, hypertexte, par ex.). Cette sélection est fondée sur un premier jugement de pertinence. Elle implique un contrôle métacognitif important et semble parfois très coûteuse cognitivement.

Comprendre les documents sélectionnés est une activité spécifique, différente de la compréhension d'un document unique. Cette activité implique l'élaboration d'un modèle intertexte et d'un modèle intersituation. Elle implique aussi le traitement simultané de différents formats de présentation et leur intégration.

Cette activité de recherche d'information aboutit à une évaluation de la pertinence des documents sélectionnés, mais aussi, fréquemment, à une évolution du but informationnel. Ainsi, cette activité est la plupart du temps cyclique ou itérative, les sorties de l'activité (résultats) ayant un effet sur ses entrées (buts).

Le coût cognitif et métacognitif de cette activité est tel que les résultats en sont souvent modestes. Selon Nielsen (2000), la navigation sur le Web aboutit une fois sur deux à un échec : l'utilisateur ne trouve pas ce qu'il cherche dans la moitié des cas (sans compter les fois où il trouve ce qu'il ne cherche pas). La recherche dans les bases de données plus classiques ne donne souvent pas de meilleurs résultats. Un taux d'un document pertinent trouvé sur deux correspond à la moyenne. L'ajout de fonctionnalités aux systèmes d'information, y compris les indicateurs de pertinence des résultats, n'améliore pas souvent les performances des utilisateurs, quand elles ne les détériorent pas (Belkin et al., 1997). Les personnes âgées semblent particulièrement en difficulté quand elles doivent naviguer dans de tels systèmes (Czaja et al., 2001). Les personnes qui ont une faible estime d'eux-mêmes ont tendance à planifier des recherches d'information plus vagues (McDaniel (2000). Les individus avec un sentiment d'auto-efficacité élevé sont plus efficaces (moins d'efforts, plus de résultats) dans une tâche de recherche d'information que les individus ayant un faible sentiment d'auto-efficacité (Wood, George & Debowski, 2001).

Il semble donc important dans ce domaine de développer d'une part la formation des usagers des systèmes d'information et d'autre part une conception ergonomique des systèmes d'information.

### 3.3 Effets des caractéristiques des tâches et du système sur l'activité

Dans le chapitre précédent, j'ai mis en exergue le rôle des connaissances de l'individu dans l'activité de navigation. J'ai insisté sur le fait que tous les aspects de l'activité de RI sont affectés par les connaissances antérieures de l'individu, depuis la prise de conscience du besoin d'information à la compréhension et à l'évaluation des sources sélectionnées. J'ai ignoré un nombre très important de travaux. J'ai parfois évoqué des perspectives dans le domaine de la formation ou de l'accompagnement des individus pour améliorer leur activité. Plus rarement j'ai évoqué la possibilité d'agir sur la conception de la situation de travail ou du système d'information pour améliorer l'activité. Ce dernier aspect est abordé dans la présente partie.

#### 3.3.1 Effets des caractéristiques des tâches

Selon Tricot et Nanard (1998), la description d'une tâche de recherche d'information devrait prendre en compte la représentation mentale du but d'information, dont j'ai indiqué plus haut qu'elle avait une composante conceptuelle et procédurale, voire informationnelle, qu'elle dépendait de la crédibilité des sources, qu'elle était donc influencée par les connaissances de l'individu et son besoin d'information. Cette description de la tâche devrait aussi prendre en compte l'implémentation du but, c'est-à-dire l'adresse et le nombre de cibles dans le système, les procédures à utiliser pour atteindre ces cibles, la structure générale du système et de l'interface. Enfin, elle devrait décrire le contexte de l'activité et la raison pour laquelle un individu choisit d'utiliser un tel système pour chercher telle information dans le cadre de la réalisation d'une tâche principale.

Je propose ici de ne pas traiter le premier aspect (la représentation mentale du but), déjà évoqué plus haut. J'aborde maintenant l'implémentation du but puis les aspects liés aux effets des caractéristiques du système sur l'activité de l'individu.

Bernstein (1993) a proposé une première catégorisation des usages des systèmes d'information qui a fait date. Il distingue trois types d'usages : l'extraction, l'exploitation et le jardinage. Pour une recherche d'extraction d'information, l'information pertinente est une ressource de valeur qui doit être extraite efficacement et raffinée. L'exploitation serait une recherche permettant la conception ou l'élaboration d'un document. Ce type de recherche d'information conçoit l'acquisition, le raffinement, l'assemblage et la maintenance d'une information comme une entreprise continue. Le jardinage conçoit la culture de l'information comme une activité continue et collaborative conduite par des groupes de personnes travaillant ensemble à la réalisation de buts changeants, individuels et communs. Bernstein fait remarquer que les critères d'évaluation de ces trois activités sont radicalement différents, et qu'à partir du moment où l'on veut faire une activité dans un système qui n'est pas prévu à cet effet, la démarche

est alors vouée à l'échec. Une tâche avec représentation précise de la tâche principale mais distribution des cibles est appelée « tâche de cristallisation des connaissances » par Pirolli et Card (1999), sans qu'un essai de standardisation de la description des tâches ou de leur effet ne soit évoqué par les auteurs. On trouve des descriptions de tâches, mais peu abouties, chez Marchionini (1995) ou Wright (1990). Belkin fait une différence intéressante entre le but de la tâche (où il oppose les buts d'apprentissage aux buts de sélection) et la méthode (où il oppose le *scanning* à la recherche). Mais, là encore, l'auteur ne fournit pas de recension des effets des tâches sur l'activité. Pourtant Belkin (Belkin & Vickery, 1985) est sans doute le premier auteur à avoir mis en exergue le rôle primordial de la description des tâches de RI dans la conception des systèmes d'information.

Tricot et Golanski (2002) ont essayé de recenser les effets de caractéristiques objectives de l'implémentation du but sur l'activité de navigation. Nous avons mis en évidence empiriquement quelques effets et avons aussi rapporté quelques effets robustes. Notre approche empirique a consisté à mesurer les performances de sujets réalisant des tâches qui variaient, successivement, selon l'une des variables présentées ci-dessous.

L'effet de répétitivité de la tâche indique qu'une même cible recherchée plusieurs fois par un même individu est trouvée, en moyenne, plus efficacement qu'une cible recherchée une seule fois.

Le degré d'explicitation des cibles a un effet souvent important sur les performances. Une cible implicite, pour laquelle l'utilisateur doit effectuer un traitement complexe, où la compréhension n'est pas suffisante (par exemple une comparaison avec une autre cible doit être réalisée), est trouvée moins efficacement qu'une cible explicite, pour laquelle seul un traitement de type compréhension est nécessaire.

Une cible localisée, qui se trouve de manière exhaustive sur une même page est trouvée plus efficacement qu'une cible distribuée, qui se trouve répartie sur plusieurs pages, même si parfois les différences ne sont pas très importantes. La performance lors de la recherche d'une cible distribuée peut varier selon la proportion de pages existantes dans le domaine de recherche. Autrement dit, pour un nombre de pages donné susceptible de contenir l'information, les utilisateurs trouveront plus facilement la totalité de l'information si les cibles sont réparties dans toutes les pages que si les cibles sont présentes sur quelques pages.

La quantité de cibles n'a pas une influence linéaire sur la performance des utilisateurs. Parfois, une cible unique est plus difficile à trouver qu'une cible multiple. Mais surtout, la lecture exhaustive de toutes les cibles (quand elles ne dépassent pas quelques dizaines) semble entraîner de meilleures performances qu'une tâche très sélective (trouver une cible parmi plusieurs dizaines ou centaines ou milliers, etc.).

Plus la complexité de la procédure à mettre en œuvre (c'est-à-dire le nombre de décisions différentes à prendre entre le début et la fin de l'activité) est importante, moins les cibles sont aisées à trouver. Par exemple, nous avons, Jocelyne Nanard et moi-même (Tricot & Nanard, 1998), utilisé le formalisme MAD pour analyser trois tâches de RI dans un même document électronique. Puis nous avons comparé les performances de 3 groupes de sujets (dans chaque groupe les sujets réalisaient une des trois tâches) avec la description de la tâche par MAD. Les résultats semblent coïncider : plus la procédure, décrite par MAD, pour réaliser la tâche est complexe (*i.e.* plus elle implique de décisions différentes à prendre) et moins les performances sont bonnes. En revanche, dans cette expérience, les performances ne coïncident pas avec le nombre de cibles à trouver. Nous avons aussi montré (Tricot et al., 1999) que la RI est influencée par la représentation que l'utilisateur se fait des contraintes (de temps, d'efficacité) qui pèsent sur lui. Cette activité diffère aussi selon que la représentation de l'utilisateur concerne plus les traitements à effectuer ou les cibles à sélectionner.

Ce domaine de recherche doit être développé car, selon moi, il comporte encore beaucoup d'inconnues. Par exemple, le fait que la cible soit définie *a priori*, pendant la RI ou découverte *a posteriori* a-t-il une influence sur la difficulté de la tâche ? Le type de modalité sensorielle (audition / vision) impliquée dans la recherche d'information, par exemple dans le cadre de comparaison entre serveurs vocaux et base de données textuelles classiques, a-t-il une influence sur l'efficacité de la recherche d'information ? Le poids des données en termes de débit, de stockage ou d'affichage (par exemple le nombre de mots qu'il est possible d'afficher à l'écran) a-t-il un effet sur les performances des utilisateurs ? Ces recherches doivent aussi être développées car elles ont des implications ergonomiques importantes. Les résultats que j'ai recensés sont autant de connaissances ergonomiques utilisables par les concepteurs, qui peuvent définir des contraintes de conception en fonction de contraintes de la situation d'utilisation prévue.

### 3.3.2 Effets des caractéristiques du système d'information

#### 3.3.2.1 Effets de la structure et du format

*Structure linéaire versus hypertexte.* A contenu égal, les documents de type hypertexte, non linéaires, entraînent de plus faibles performances en compréhension que les documents linéaires, les textes. De nombreuses recherches tentent une explication par le rôle ou la taille du calepin visuo-spatial en mémoire de travail, avec une certaine difficulté pour obtenir des résultats nets (Chavez 2002). L'expertise des individus aurait un effet d'interaction ou non avec la structure : pour Calisir et Gurel (2003) les individus qui ont le plus de connaissances comprennent mieux un texte linéaire mais pas l'hypertexte ; pour Wenger et Payne (1997) l'hypertexte n'est pas plus exigeant globalement mais uniquement sur les informations de relations. Pour Stimson (1999) les habiletés métacognitives ont un effet sur l'apprentissage avec un hypertexte et pas avec un

texte. L'ajout de questions en cours d'étude, qui favorise le *monitoring* métacognitif, a un effet sur l'apprentissage avec hypertexte. De nombreux auteurs présentent l'argument suivant : si les hypertextes sont plus difficiles c'est parce qu'on prend des textes (avec leur contenu) que l'on transforme en hypertexte. Pour ces auteurs, les hypertextes ont un avantage pour présenter des contenus spécifiques. Malheureusement, ces auteurs présentent peu de résultats empiriques convaincants. Pour Shichtman (1998) par exemple, un hypertexte peut-être utilisé pour présenter des thèmes « difficiles » (difficiles dans le sens où ils peuvent mobiliser des opinions consensuelles ou marginales). Si Shichtman obtient des effets du contenu (consensuel / non consensuel) sur la compréhension, il n'obtient pas d'effet d'interaction du type de structure (texte / hypertexte). Pour Kumbruck (1998), les hypertextes permettent de réaliser des documents plus efficaces dans le traitement de domaines complexes. Il obtient des résultats décevants : l'hypertexte profite (un peu) aux experts seulement, et encore il faut qu'ils utilisent des stratégies de lecture issues des textes linéaires.

*Profondeur et largeur.* On sait depuis trente ans que plus le menu est profond plus les informations (fonctionnalités, contenus) auxquelles il donne accès sont difficiles à trouver. On a pu interpréter ce type de résultat comme étant dû à une surcharge cognitive. L'ergonome doit donc concevoir des artefacts peu coûteux à traiter cognitivement mais susceptibles d'aider l'utilisateur à se repérer dans le menu. Lemercier, Quaireau et Terrier (sous presse) font l'hypothèse qu'un indigage perceptif coloré pourrait faciliter le traitement des menus, améliorer les performances de repérage et de mémorisation. Les résultats qu'ils obtiennent vont, pour une bonne part, dans le sens de leur hypothèse. Dans le domaine des hypertextes, et non plus des menus, l'effet de profondeur et de largeur existe aussi. J'ai pu, dans ma thèse, montrer qu'il y avait probablement dans de nombreux cas une valeur seuil, à quatre en largeur et en profondeur, au-delà de laquelle la compréhension est significativement altérée.

*Structure formelle ou rhétorique.* La principale limite des études sur les structures formelles (linéaires ou hypertextes, profondeur, largeur) a été mise en évidence par Dillon (1991) qui a montré l'importance de la structure rhétorique du document, quelle que soit la structure formelle de celui-ci : quand l'utilisateur connaît la structure rhétorique du document, cela a un effet facilitateur sur la compréhension du contenu et sur le repérage des informations. Il a publié une synthèse remarquable sur cette question (Dillon, 1996). Pour les documents multisources il paraît difficile de parler de connaissance de la structure rhétorique. Les travaux déjà évoqués de Britt et al. (1996) ont mis en évidence un effet facilitateur de la connaissance que les sujets peuvent avoir de l'organisation d'une collection de documents, par exemple dans une discipline comme l'histoire.

*Formats de présentation.* La plupart des effets des formats de présentation ont déjà été présentés dans ce mémoire, au § 2.5.4 et au § 3.2.4.

*Animations.* L'insertion de l'animation dans les configurations texte / image constitue un apport discutable. Lowe (2003) montre que si l'intégration texte /

image statique présente de nombreux désavantages dans le domaine de la compréhension de phénomènes temporels, l'insertion de l'animation pose aussi des problèmes : entre autres celui d'attirer l'attention sur les effets massifs au détriment des détails ou des informations stables. Ces résultats vont dans le sens de Mayer et Anderson (1991), qui ont montré, après d'autres, que les présentations audiovisuelles simultanées sont plus efficaces que les présentations audiovisuelles séquentielles.

*Réalité virtuelle.* Un dernier format de présentation consiste à utiliser les techniques de la réalité virtuelle pour représenter des objets, des concepts, des situations de travail ou de communication (Burkhardt, 2003). Peu d'auteurs ont réussi à produire et à répliquer des résultats empiriques qui attesteraient (ou invalideraient) d'effets bénéfiques de la réalité virtuelle appliquée aux documents sur la compréhension. Antonietti et Lantioia (2000) ont proposé une tâche d'étude de tableaux de peintres inconnus à des étudiants, qui, pour la moitié d'entre eux, étaient « immergés » dans un musée virtuel, alors que les autres étudiaient les mêmes œuvres sur des collections de photographies. Les auteurs montrent que le format de la réalité virtuelle permet aux étudiants de se poser des questions différentes, d'essayer de comprendre le « pourquoi ? » et le « comment ? » du tableau, tandis que les étudiants du second groupe restent plus descriptifs (le « quoi ? »).

### 3.3.2.2 Effets des fonctionnalités

Les principales fonctionnalités des documents électroniques sont les moteurs de recherche, les liens hypertextes et les index. Un moteur de recherche permet spécifiquement une sélection parmi un ensemble important de documents, la puissance des moteurs actuels semblant sans véritable limite quantitative. Le problème principal des moteurs est la quantité de bruit (documents non pertinents) qu'ils génèrent, un trop grand bruit pouvant masquer le résultat. Leur utilisation implique une connaissance de leur syntaxe, voire de principes généraux, par l'utilisateur, certains novices pouvant ne trouver absolument aucun document pertinent par l'intermédiaire d'un moteur (Koenemann & Belkin, 1996). Je ne reviendrais pas ici sur l'effet bénéfique de connaissances dans le domaine de contenu. Les liens hypertextes permettent spécifiquement la gestion de buts flous, la lecture de l'hypertexte permettant au fur et à mesure à l'utilisateur d'élaborer une représentation plus structurée du contenu traité et de son but. Mais, permettant facilement au but informationnel d'évoluer, ils permettent aussi de le perdre. Les hypertextes imposent généralement un effort cognitif et un contrôle métacognitif très importants. Enfin, les index, tables de contenu, tables des matières, etc., permettent à la fois un survol du contenu général du système et la sélection d'une sous-partie. L'avantage est indéniable pour les buts ni trop flous ni trop précis, que l'index permet de raffiner, ainsi que pour la mise en œuvre de stratégies de *scanning*. Mais l'utilisation de ce type de fonctionnalité implique une connaissance déjà structurée du domaine de contenu.

Malgré l'existence déjà ancienne des trois fonctionnalités précitées, on sait aujourd'hui que de nombreuses difficultés de navigation dans les documents électroniques existent. D'innombrables nouvelles fonctionnalités ont été inventées depuis une trentaine d'années pour tenter de pallier ces problèmes, donnant lieu à plusieurs centaines de publications par an dans les revues spécialisées. Je ne traiterais pas ici des techniques invisibles à l'utilisateur comme les techniques d'indexage de documents, le Web sémantique ou les ontologies. Ces techniques sont, à ma connaissance, très peu évaluées dans une perspective ergonomique.

Un effort particulièrement important a été fourni ces dernières années sur les techniques de retour des résultats : d'une part pour les outils de visualisation des résultats, d'autre part pour l'évaluation et la représentation de la pertinence des résultats.

Beaucoup de travaux se tournent plus récemment vers de nouvelles modalités d'interaction avec les systèmes d'information par le biais des techniques de réalité virtuelle ou de réalité augmentée, sans résultats ergonomiquement probants pour l'instant (Westerman, Cribbin & Wilson, 2001 ; Azuma, 2001).

### *3.3.3 Discussion*

Un nombre conséquent de travaux a donc été consacré à l'identification de facteurs liés à la tâche ou au document et ayant un effet sur l'activité de l'utilisateur. On sait par ailleurs, que l'ajout de fonctionnalités détériore souvent la performance de l'utilisateur, c'est une vieille « loi » de l'ergonomie (Eason, 1984), et j'ai rappelé que c'était vrai aussi dans le domaine des documents électroniques et celui des bases de données. Mais Lazonder, Biemans & Wopereis (2000) montrent que quand ces fonctionnalités sont apprises puis maîtrisées, elles deviennent efficaces.

Les perspectives ergonomiques dans ce domaine semblent immenses.

D'abord pour les usagers ayant des besoins spécifiques, que ces besoins soient d'ordre cognitif ou physique. Par exemple, Singh, Gedeon et Rho (1998) suggèrent qu'il faudrait adapter aux usagers qui ont des difficultés linguistiques spécifiques les techniques de recherche d'information et les rendre plus faciles à utiliser ; améliorer la présentation de l'information pour faciliter la compréhension, faire des outils qui s'adaptent aux habitudes et aux besoins.

Ensuite, par l'étude des effets des caractéristiques de la situation de travail sur l'activité de RI. Cette dimension semble à l'heure actuelle complètement sous étudiée. Il me semble en particulier que l'étude de la RI dans le contexte du travail coopératif, de la formation professionnelle, aurait des répercussions importantes. Dans une étude en cours avec mes collègues de l'URFIST de Toulouse, il semble que nous soyons en train de mettre en évidence une différence importante entre l'activité de RI chez les documentalistes (souvent coopérative, presque toujours

dédiée à un tiers) et l'activité de RI chez les usagers des bibliothèques (activité solitaire, pour soi). Les documentalistes travaillent sous contraintes temporelles, alors que c'est plus rare chez les usagers des bibliothèques. Or, Proctor (2001) a mis en évidence que la pression temporelle a un effet négatif sur l'efficacité de la RI. Enfin, les documentalistes ont une grande facilité à expliciter leur activité (est-ce dû au fait que cette activité est dédiée ?), alors que pour les usagers débutants cette explicitation est plus difficile. Ces derniers semblent capables, par tâtonnement, de mettre en œuvre des RI très différentes, pour atteindre des résultats parfois difficiles, mais ont des difficultés à prendre conscience de leurs erreurs.

### **3.4 Modélisations de l'activité**

On trouve aujourd'hui de nombreuses ébauches de modélisation, plus ou moins cognitives, de l'activité de RI. Je vais rapidement en décrire quelques-unes avant de clore cette partie 3.

#### *3.4.1 Approches de la pertinence*

Mizzaro (1998) a consacré une revue de littérature recensant près de 160 articles proposant une définition de la notion de pertinence. Pour cet auteur, la pertinence est une relation entre deux groupes : dans un groupe il y a un document, des descripteurs de ce document et de l'information (ce qui est reçu par l'utilisateur) ; dans l'autre groupe, il y a un problème d'un utilisateur, son besoin d'information, sa représentation du problème en termes informatifs, sa requête « naturelle » et sa requête « formalisée ». Chacune de ces entités peut être décomposée en trois registres : le domaine de contenu, l'exploitation que l'utilisateur va faire avec l'information trouvée et l'environnement (de travail, d'apprentissage, de recherche, etc.). La pertinence est l'adéquation entre chacune des entités des deux groupes (le système d'information d'un côté, l'utilisateur de l'autre), pour les trois composants (domaine, exploitation, environnement). La RI est donc la mise en œuvre de cette activité. Si Mizzaro décrit remarquablement des caractéristiques du contexte de mise en œuvre de la RI, il ne décrit pas l'activité elle-même.

#### *3.4.2 Approches descriptives de la RI en séquence ou cyclique*

Une première tentative de modélisation psychologique de l'activité cognitive du sujet en situation de recherche d'information a été proposée par Armbruster et Armstrong (1993), Dreher (1992), Guthrie et Mosenthal (1987) et Guthrie (1988). A quelques nuances près, ces auteurs sont d'accord sur le cycle suivant : (a) formation d'un but cognitif ; (b) sélection d'une catégorie d'informations ; (c) extraction d'information ; (d) intégration à l'information préalablement extraite ; (e) recommencer jusqu'à ce que le but soit atteint.

Plus récemment, des auteurs comme Sutcliffe et Ennis (1998) ont repris cette idée d'activité séquentielle ou cyclique. Pour eux, la mise en œuvre de l'activité de recherche d'information dépendrait du type de système d'information et des connaissances antérieures du sujet (dans le domaine de contenu, instrumentales et informationnelles). Le processus comporte quatre étapes : l'identification du besoin, l'articulation - conceptualisation du besoin, la formulation de la requête, l'évaluation du résultat. L'évaluation empirique du modèle n'est pas concluante.

Le gros problème de ces approches vient du fait qu'elles expliquent difficilement pourquoi tant de RI échouent. Elles n'expliquent pas comment la représentation du but informationnel et le traitement des informations non pertinentes interfèrent. Elles n'articulent pas l'activité de RI avec la tâche principale.

Nous avons, Rouet et moi-même (Rouet & Tricot, 1995, 1996, 1998) essayé de décrire l'activité de recherche d'information de façon plus rigoureuse, mettant en relation un cycle évaluation sélection traitement (EST) et les activités de planification, contrôle métacognitif et régulation. Cette description articule la compréhension du contenu des documents et le processus de RI comme résolution de problème. Cette modélisation est à la fois cyclique comme celle de Guthrie, et fondée sur une distinction de trois grands types de traitements.

Notre modèle a une prétention générale. Il concerne la réalisation de tâches à but précis ou flou, l'extraction de cibles uniques ou nombreuses, la sélection de références comme l'exploitation de documents. L'activité est particularisée en fonction de la tâche et de l'environnement.

Nous considérons la RI dans un document électronique comme un cycle de traitement constitué de trois phases principales : la sélection de l'information, le traitement de l'information sélectionnée et l'évaluation de la pertinence de cette information, en fonction du but visé par le sujet. Dans notre modèle, l'activité de sélection et d'évaluation recouvre un processus de gestion de l'activité (planification de la recherche et évaluation de l'écart entre la situation actuelle et le but visé), et un processus de traitement des informations relationnelles (liens, menus, boutons).

Ce double processus est conduit en relation avec la représentation que le sujet se fait de la tâche, qui inclut une représentation du but et qui peut être modifiée dynamiquement au cours de l'activité.

Le module évaluation du cycle EST a pour rôle principal de comparer la représentation du but à la représentation du contenu traité. Cette comparaison va donner lieu à un jugement de proximité entre ces deux représentations et se traduire en une prise de décision concernant la sélection des items suivants.

À l'état initial de la recherche (état 0 du cycle), le module d'évaluation est composé d'une représentation du but à atteindre. Ce but à atteindre correspond à l'état  $n$  du cycle. La représentation du but comporte un versant général

(apprendre, concevoir, ...) et un versant opérationnel (trouver telle information dans tel système). Cette représentation du but va guider la sélection.

À l'état 1 du cycle (c'est-à-dire une fois que la première action de sélection a été effectuée et que l'information trouvée a été traitée) le module d'évaluation compare l'information traitée et la représentation du but, pour évaluer en quoi cette information trouvée contribue à l'atteinte du but. Trois situations différentes sont possibles. À chacune de ces situations correspond une décision. Voici le type de décision rationnelle qui peut être prise :

- l'information trouvée correspond exactement à la représentation du but : l'information contribue totalement à l'atteinte du but -> décision d'arrêter la recherche ;
- l'information trouvée ne correspond que partiellement à la représentation du but : le but est partiellement atteint -> décision de continuer la stratégie de sélection : vers plus de précision, vers plus de généralités, vers des exemples, ...
- l'information trouvée ne correspond pas du tout à la représentation du but : le but n'est pas du tout atteint -> décision de changer de stratégie.

Les sujets humains peuvent agir de façon non rationnelle. Avec le modèle rationnel, le traitement opéré par le module «évaluation» n'entraîne pas de modification de la représentation du but mais seulement une décision concernant une modification de la «sélection».

La différence majeure tient au fait qu'avec le sujet humain la représentation du but peut changer :

- le but peut être totalement atteint, mais le module d'évaluation ne déclenche pas l'arrêt de la sélection : une nouvelle représentation du but prend la place de la représentation originale (plus vague, plus spécifique, ...) ;
- le but est partiellement atteint, mais la représentation du but change ;
- l'information trouvée ne correspond pas du tout à la représentation du but et la représentation du but change, soit pour correspondre à l'information trouvée (biais de confirmation), soit pour changer d'une autre manière.

On sait qu'en recherche d'information, un document peut ne pas correspondre au but mais contribuer à s'en rapprocher. Le processus de jugement - décision va alors être différent selon que la représentation du but s'exprime plutôt en termes de résultat - contenu ou en termes de procédure. En effet, une représentation en termes de résultat - contenu va pouvoir conduire à un jugement fin sans forcément être capable d'anticiper à long terme sur la pertinence d'une sélection. À l'inverse, une représentation en termes de procédure va permettre d'anticiper à long terme

sur la pertinence d'une sélection sans forcément être capable d'un jugement fin sur le contenu. Ce type de représentation (en termes de résultat - contenu ou en termes de procédure) dépend généralement du degré d'expertise du sujet dans le domaine traité et dans l'utilisation de ce type de système d'information. Une représentation trop profane en termes de procédure peut entraîner un phénomène de « poursuite sur la même route » très inefficace ou très coûteux (Gray, 1990).

La difficulté principale de fonctionnement de l'évaluation est, on le voit, de maintenir la représentation du but dans un état stable. Cette difficulté a des conséquences négatives, car, comme on a pu le monter dès l'utilisation des premiers hypertextes, elle entraîne la désorientation de l'utilisateur (phénomène de noyade en digressions, Foss, 1988). L'utilisateur peut, au bout d'un certain temps de consultation, perdre son but (*i.e.* ne plus savoir lui-même pourquoi il utilise le système). Mais le fait que la représentation du but puisse évoluer a aussi des conséquences positives : dans les activités à but flou, la modification de la représentation du but peut consister à spécifier celle-ci.

Dans le cycle EST, le sujet doit maintenir en MDT une représentation du but, mais aussi une représentation de la stratégie de sélection et une représentation du contenu traité. Si, pour une raison ou une autre, la gestion de l'activité de sélection ou de traitement entraîne une surcharge cognitive, alors la représentation du but va momentanément sortir de la MDT. Par exemple, la présence simultanée de textes et du menu, qui fait apparaître la structure et le « déroulement » de l'hypertexte, devrait faciliter le processus de sélection. Mais Rouet (1990) a montré qu'une pagination groupée a tendance à créer une désorientation chez l'utilisateur inexpérimenté : la nécessité de traiter aussi le contenu (compréhension d'unités thématiques) peut provoquer une surcharge cognitive qui rend la gestion du module d'évaluation difficile. Lors de la phase d'évaluation, la représentation du but va être réactivée, avec très probablement une déformation ou une perte d'information. Ce phénomène, très largement étayé expérimentalement dans les études sur la mémoire, a été illustré par Gray (1990) dans le domaine de l'utilisation des hypertextes. Il est aussi probable (Ericsson & Kintsch, 1995) que cette déformation de la représentation du but soit considérablement amoindrie, voire absente, quand le sujet est expert du domaine (à la fois du contenu traité et de l'utilisation de ce type de système d'information : une étude en cours avec l'URFIST montre en effet que les documentalistes professionnels sont souvent à la fois experts en documentation, en RI et dans un domaine de contenu).

### *3.4.3 Approches psycho-ergonomiques*

Dillon (1994, 1996) a lui aussi proposé une approche générale de la description de l'activité du lecteur de documents électroniques complexes, le cadre TIMS. À l'opposé des modélisations inspirées de Guthrie, TIMS décrit les composantes de l'activité (que l'on peut considérer comme des niveaux de traitement), et non le déroulement de l'activité. On peut aussi considérer que chaque niveau de

traitement correspond à un type d'habileté différent, chacune de ces habiletés pouvant être plus ou plus bien développée chez le sujet, en fonction notamment de son expertise dans d'autres domaines (e.g. lecture, planification, ...).

Les quatre composantes ou niveaux de traitement de TIMS sont :

- La gestion de la tâche : les lecteurs lisent l'information dans les systèmes d'information dans un but (apprendre par exemple). Pour atteindre ce but ils doivent décider ce qu'ils veulent extraire du système d'information. Ce but peut évoluer en cours de consultation.
- Le *information model* : les lecteurs possèdent une représentation mentale de la structure du document (structure au sens formel et au sens rhétorique). À partir du moment où ils identifient le type de structure du document, ilsinstancient une structure particulière du document qu'ils lisent.
- Les habiletés à manipuler le système d'information : le lecteur manipule des objets et des fonctions pour manipuler le système d'information. Ceci est particulièrement crucial et difficile dans les systèmes d'information nouveaux qui n'obéissent pas encore à des conventions (alors que comparativement, un enfant apprend dès l'école primaire à manipuler un livre).
- L'activité de lecture du texte à proprement parler est classique, elle n'appelle aucun commentaire particulier.

TIMS présente l'intérêt d'être applicable. Dillon montre comment on peut utiliser TIMS pour accompagner une activité de conception ergonomique de documents électroniques. C'est aussi un cadre étayé par de nombreux résultats empiriques, et une grande pratique du développement de produits.

#### 3.4.4 Approches écologiques

Pirolli et Card (1999) fondent leur théorie de la fouille d'information (*information foraging*) sur l'hypothèse suivante : quand cela est faisable, le système d'information naturel évolue vers des états stables qui maximisent les gains de l'information, gains qu'il est possible d'exprimer selon un rapport bénéfice / coût. La recherche d'information chez les humains présenterait des analogies avec la recherche de nourriture chez les animaux, que des travaux en éthologie ont mis à jour au milieu des années 1980 selon une perspective évolutionniste. Les systèmes cognitifs engagés dans de la recherche d'information vont afficher des tendances adaptatives. L'analyse rationnelle, déjà utilisée par Anderson dans sa modélisation de la cognition (Anderson, 1990) ou de la mémoire – apprentissage (Anderson & Milson, 1989), sert aussi de référence à l'élaboration de la théorie de la fouille d'information. Le problème principal de la collecte et de la compréhension de l'information réside dans l'allocation d'attention par l'utilisateur. Le coût de l'information est fonction, d'une part côté fournisseur, du coût du stockage et de

l'accessibilité, d'autre part côté utilisateur, du temps d'accès, du coût de la fouille et du traitement. Sa valeur peut être définie comme son utilité à la réalisation d'une tâche en cours.

L'activité de fouille d'information chez le sujet humain obéirait à un principe de maximisation du rapport bénéfice / coût, non seulement dans le choix des sources mais aussi des interfaces qui donnent accès à l'information. Une façon de maximiser ce rapport est l'apprentissage.

Comme dans la plupart des modèles adaptatifs ou évolutionnistes, la maximisation du rapport bénéfice / coût, et plus généralement la rationalité, sont limitées : toutes les possibilités ne sont pas traitées, notamment parce qu'elles ne sont pas connues. L'adaptation est une dynamique locale, dépendante d'une niche.

Le modèle présenté par Pirolli et Card est fondé sur le développement de quelques équations d'optimisation de la fouille d'information que je ne rapporte pas ici (il s'agit d'un développement assez complet des termes de l'équation *valeur = bénéfice / coût* appliqué au domaine de la recherche d'information). Puis les auteurs présentent ACT-IF, leur modèle ACT appliqué à la fouille d'information (*adaptive control of thought in information foraging*). Ils présentent ce modèle à partir de l'analyse des protocoles d'utilisation d'un navigateur. Un ensemble de règles de production est proposé.

On peut émettre une critique classique envers cette approche : elle fait l'impasse sur les erreurs d'interprétation de la situation et de planification de l'activité. Dans l'expérience de Tricot et al. (2000) rapportée plus haut (§ 3.2.2.2), nous avons montré que la recherche d'information, et le choix même de s'y engager, peuvent être non-rationnels, notamment à cause d'erreurs stratégiques (erreur d'interprétation de la pertinence d'un outil par exemple).

Dans une autre perspective adaptative, Smith, Venkatraman et Dholakia (1999) étudient les relations entre RI dans les mémoires artificielles et la mémoire naturelle, en termes de conflits et prises de décision de rechercher une information. Les auteurs se demandent si le coût d'une RI dans une mémoire artificielle est le même quand l'individu a ou n'a pas de connaissances préalables relativement au thème de la RI. La mesure de coût cognitif montre que les sujets avec des connaissances ont une meilleure performance en RI mais seulement quand celle-ci est cognitivement coûteuse, c'est-à-dire quand les sources à traiter sont complexes, exigeantes à traiter. Contrairement aux novices, ils n'hésitent pas alors à s'engager dans des démarches complexes. Morrison et Vancouver (2000) ont eux aussi proposé une théorie de la RI en termes de rapport coûts / bénéfices, étayée par une étude empirique auprès d'ingénieurs débutants.

Cette approche me semble prometteuse car elle pourrait rendre compte de façon cohérente des effets d'expertise sur la décision de rechercher une information, décision fondée sur l'évaluation du rapport bénéfice / coût. Elle permettrait d'interpréter le résultat de Tricot et al. (2000 ; ici § 3.2.2.2) comme une erreur

d'évaluation du coût de la RI. Il est possible aussi que cette approche puisse fournir un cadre satisfaisant à l'étude des effets de compensation mis en évidence par McDonald et Stevenson (1998) et d'autres : plus on a de connaissances dans le domaine de contenu moins on est dépendant des aides à la navigation fournies par le document électronique. Au contraire, pour les sujets ayant peu de connaissances dans le domaine de contenu, le coût de traitement des contenus est tellement élevé que les sujets doivent se contenter de se faire guider dans leur navigation, prendre des décisions dans ce registre représentant un surcoût.

Il me semble donc que l'on pourrait élaborer une théorie écologique de l'utilisation des documents (ou de l'utilisation des mémoires artificielles). Confronté à une situation qu'il ne peut pas traiter automatiquement, l'individu décide ou non d'utiliser un document en se fondant sur une évaluation relative de la valeur de celui-ci (bénéfice / coût) comparativement à des alternatives (utiliser ses connaissances, raisonner, résoudre le problème par l'action). La prise de conscience du besoin d'information et l'estimation de la valeur du document seraient d'autant plus justes que l'individu a des connaissances. La mise en œuvre de la RI serait d'autant plus efficace que l'individu a des connaissances. La RI réussie peut générer de nouvelles connaissances pour l'individu, que selon la fréquence de la situation, il maintiendra disponible ou non. Les connaissances de l'individu concernent ici trois registres : domaine de contenu, technique, informationnel. Bref, la relation entre les mémoires artificielles et naturelles serait une relation que, faute de mieux, je qualifie de « potentialisation réciproque » (plus de connaissances => plus d'incertitude pertinente => plus de besoins d'information pertinents => plus de RI => plus d'apprentissage => plus de connaissances, etc.). La régulation d'un tel système de mémoires résiderait sans doute plus dans la limite de temps, du nombre de situations différentes à traiter et celle des capacités de travail, que dans une limite de capacités du système de mémoires. En outre, certaines erreurs d'experts viennent rappeler que parfois « plus de connaissances » n'entraîne pas « plus d'incertitude ».

### **3.5 Conclusion et perspectives**

La RI dans les documents est une activité assez mal connue. Depuis douze ans, je tente de la comprendre un peu mieux. Voici les questions de recherche qu'il me semble intéressant d'aborder dans les années qui viennent.

Quels sont les liens entre les traitements de bas niveaux (perceptifs, attentionnels) et les traitements de haut niveau (compréhension, jugement de pertinence) dans le contexte d'une RI dans des documents électroniques ? Par exemple : quand une image et un texte mutuellement référencés doivent être traités, quels mouvements oculaires d'une source à l'autre sont effectués ? Des erreurs de référencement sont-elles observables ? Les difficultés de compréhension d'un tel document ont-elles des corrélats observables dans les mouvements oculaires ou des temps de réaction à une tâche interférente ? Quand un individu évalue la pertinence de

différentes entrées d'une table des matières, ou d'un ensemble de liens hypertextes, peut-on mettre en évidence des stratégies visuelles exploratoires ? De telles questions sont assez peu posées aujourd'hui, mais les voies ouvertes par Tabbers (2002) ou Colombi et Baccino (2003) me semblent très prometteuses.

L'ébauche de catégorisation des besoins d'information que j'ai proposée (§ 3.2.1.3) a-t-elle une pertinence ? Supportera-t-elle l'épreuve de la validation empirique ? Plus généralement, peut-on avancer dans la description des tâches de RI, par exemple en étudiant l'effet de la variable temporelle (but défini avant, pendant ou après la RI) ? Il semble raisonnable de penser que certaines stratégies comme le *scanning* correspondent plus à des buts définis pendant la RI, tandis que d'autres comme la formulation d'une requête correspondent plus à des buts définis avant la RI.

Enfin, il me semble qu'un effort théorique pourrait être fourni. Je voudrais d'une part essayer d'avancer et de formaliser l'idée d'une relation entre mémoires naturelles et artificielles comme une relation de «potentialisation réciproque », même s'il faut sans doute que je trouve un autre terme. La prise de décision de rechercher une information fondée sur l'évaluation du rapport bénéfice / coût du document devrait pouvoir constituer la base d'une telle théorie. D'autre part, je voudrais articuler RI, mémoire et apprentissage. Une ébauche d'articulation est proposée dans la synthèse qui suit.

#### 4 Première synthèse

Si dans une situation avec un but (une consigne venant d'un tiers), un projet (venant du sujet lui-même) ou une contrainte (imposée par la situation), un sujet humain ne comprend pas et/ou ne sait pas comment faire, il a deux solutions : la RI, c'est-à-dire la recherche d'une solution dans une mémoire externe, et la résolution de problème, c'est-à-dire la recherche d'une solution par action sur la situation et interprétation du *feedback* renvoyé par les modifications de la situation. Mais encore faut-il que le sujet prenne conscience qu'il ne comprend pas, ne sait pas comment faire. Ces trois activités, la prise de conscience, la RI et la résolution de problème, impliquent la mobilisation de connaissances antérieures.

La plupart des tâches de la vie quotidienne peuvent être décrites comme des problèmes mal définis. Ces tâches requièrent l'acquisition de connaissances, typiquement à partir de sources externes (Pirolli & Card, 1999 ; Simon, 1973).

Il existerait différentes sortes de recherche de solutions dans des mémoires externes, dont la RI dans les documents (les mémoires externes artificielles) et le fait de poser une question à un tiers, d'avoir un dialogue avec lui (les mémoires externes naturelles). La mise en œuvre d'une RI ou d'un dialogue requièrent des savoir-faire. Il s'agit d'activités cognitivement coûteuses, sans résultat garanti. Les situations de résolution coopérative de problème ou d'apprentissage par conflit sociocognitif, combineront le dialogue (la RI dans des mémoires externes naturelles) et la résolution de problème. La RI peut aussi être utilisée comme étape intermédiaire de la résolution de problème.

Si un environnement rare devient fréquent et si le sujet trouve régulièrement un moyen de satisfaire les buts (projets, contraintes) qu'il y a dans l'environnement, alors il y aura une acquisition de schémas puis leur automatisation. Si au contraire l'environnement reste rare, il peut y avoir résolution (par l'action ou par recherche d'information) mais pas apprentissage. L'apprentissage est une fonction adaptative.

Il est nécessaire d'avoir des connaissances pour prendre conscience qu'on manque de connaissances, pour avoir de l'incertitude (pour autant, avec ou sans connaissances l'individu peut avoir l'« illusion de savoir »). On peut émettre l'hypothèse que face à un environnement très rare il n'y a pas de connaissances, donc pas de prise de conscience, mais que le risque adaptatif est relativement faible. On a des connaissances pour prendre conscience de problèmes susceptibles de devenir fréquents ou importants. Pour qu'il y ait problème et donc représentation d'un but à atteindre, il faut nécessairement disposer des connaissances qui permettent d'élaborer cette représentation. Dans le cas contraire, il n'y a pas de problème. Le reste doit donc être considéré comme accidentel ou anecdotique. La prise de conscience est une fonction adaptative.

J'ai voulu représenter dans la figure 4, les cinq propositions suivantes :

- Si la configuration de l'environnement est très rare, il n'y a pas de prise de conscience du manque de connaissance, donc pas d'action.
- Il doit y avoir des exceptions avec les configurations de l'environnement très rares et dangereuses qui doivent déclencher un comportement, par exemple de fuite.
- Si la configuration de l'environnement est rare mais pas trop, il y a prise de conscience du manque de connaissance, et soit RI soit résolution de problème.
- Si cette configuration de l'environnement se répète, il y a apprentissage. Si elle ne se répète pas, il n'y a pas apprentissage. La solution sera difficile à récupérer ultérieurement.
- Si la configuration de l'environnement est fréquente, il y a eu préalablement apprentissage, donc création de schémas, donc traitement efficace de la situation.

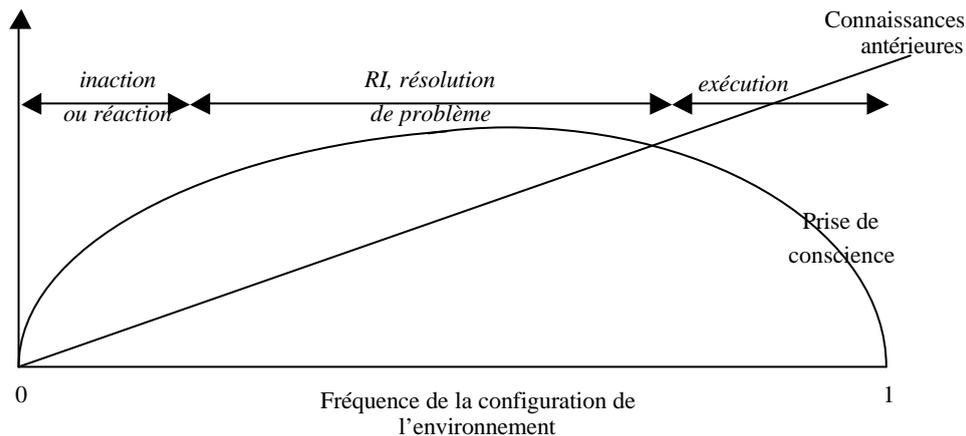


Figure 4. Hypothèses sur les relations entre prise de conscience, connaissances et type d'activité de l'individu en fonction de la fréquence de la configuration de l'environnement

Quand un individu prend conscience qu'il manque de connaissances il procède probablement à une évaluation du rapport bénéfice / coût des différentes possibilités qui s'offrent à lui, dont la possibilité de ne pas combler ce manque de connaissances. On peut décrire six grandes catégories de possibilités d'élaboration d'une solution au problème posé :

- la recherche d'une information ponctuelle qui sera utilisée uniquement dans cette situation : *je cherche le numéro de téléphone d'un réparateur de lave-vaisselle et compose le numéro sans le noter ;*

- la recherche d'une information qui sera maintenue dans une mémoire externe : *je cherche un numéro de téléphone d'un réparateur de lave-vaisselle et note le numéro dans mon agenda ;*
- la recherche d'une information qui sera maintenue en mémoire interne : *je cherche un numéro de téléphone d'un réparateur de lave-vaisselle et l'apprends par cœur ;*
- la résolution ponctuelle du problème, dont la solution sera utilisée uniquement dans cette situation : *je répare le corps de pompe de mon lave-vaisselle, mais c'est tellement difficile que la prochaine fois je demanderai à un professionnel de le faire ;*
- la résolution du problème et le maintien de la solution en mémoire interne si le problème se représente régulièrement (apprentissage implicite, apprentissage par l'action, par répétition) : *je nettoie le filtre de mon lave-vaisselle ;*
- la résolution du problème et l'apprentissage délibéré c'est-à-dire le maintien en mémoire interne même si le problème ne se représente pas régulièrement (apprentissage explicite) : *je re-démonte entièrement la pompe de mon lave-vaisselle, que je viens de réparer, pour mieux comprendre son fonctionnement.*

Par exemple, dans l'étude de Tricot et al. (2000) mentionnée plus haut, et où une étude de cas d'un adolescent était présentée à des enseignants, certains individus (les « experts » en navigation sur le Web) semblent avoir choisi la solution d'une recherche d'information qui sera maintenue mémoire externe. D'autres individus (les non-utilisateurs du Web) semblent avoir choisi la solution de la résolution de problème et, peut-être, d'un certain maintien en mémoire interne (nous n'avons malheureusement pas pu vérifier cela).

On peut émettre l'hypothèse que l'individu procède dans certains cas, plus ou moins explicitement, à une évaluation du coût (*apprendre par cœur le numéro de téléphone d'un réparateur de lave-vaisselle présente un rapport bénéfice / coût peu avantageux, tandis qu'apprendre celui de ma fille présente un meilleur rapport*). Il procède aussi probablement à une évaluation de la fiabilité de l'accès à la connaissance stockée en mémoire externe (par exemple, *un agenda fournit un accès plus fiable qu'un post-it*) ou apprise. Ces solutions peuvent évoluer (par exemple, *je note un numéro de téléphone que je ne parviens pas à apprendre par cœur*).

La prise de conscience d'un besoin de connaissances et l'évaluation du rapport bénéfice / coût d'une recherche d'information ou d'un apprentissage seraient donc des activités mentales influencées par des facteurs externes à l'individu (contraintes de la situation, présence d'un nouvel artefact dans la situation, comme par exemple, *depuis quelques années j'utilise la fonction de mémorisation automatique des numéros de mon téléphone portable*) et par ses connaissances

antérieures (dans le domaine de contenu, compétences techniques et compétences informationnelles). Il est très probable que cette évaluation du rapport bénéfice / coût des différentes solutions possibles soit calculée en fonction de représentations de la probabilité subjective d'atteindre le but, de façon absolue (est-ce que cela vaut le coût de rechercher à atteindre ce but ?) et de façon relative à la manière (cette manière est-elle moins coûteuse, plus sûre, que telle autre ?). Il faudrait dans le domaine se donner les moyens d'étudier comment les individus mettent en œuvre ces évaluations, sur le versant planification comme sur le versant contrôle - régulation, leur caractère plus ou moins contrôlé et même l'apprentissage des habilités à évaluer. Les modèles de l'organisation métacognitive des activités d'apprentissage et de mémoire, comme celui de Nelson et Narens (1990), pourraient fournir un cadre pertinent pour les études dans ce domaine. Ces auteurs proposent en effet de décrire la mise en œuvre de trois phases de l'apprentissage (l'acquisition, la rétention et la récupération) comme planifiées et régulées par des évaluations de la pertinence des buts, des stratégies, des traitements et des ressources allouées.

Dans la figure 5 j'ai voulu représenter de façon plus globale ces hypothèses en les mettant en relation avec la mémoire interne et les mémoires externes. Cette figure représente l'ensemble des hypothèses présentées dans cette partie 4 du mémoire.

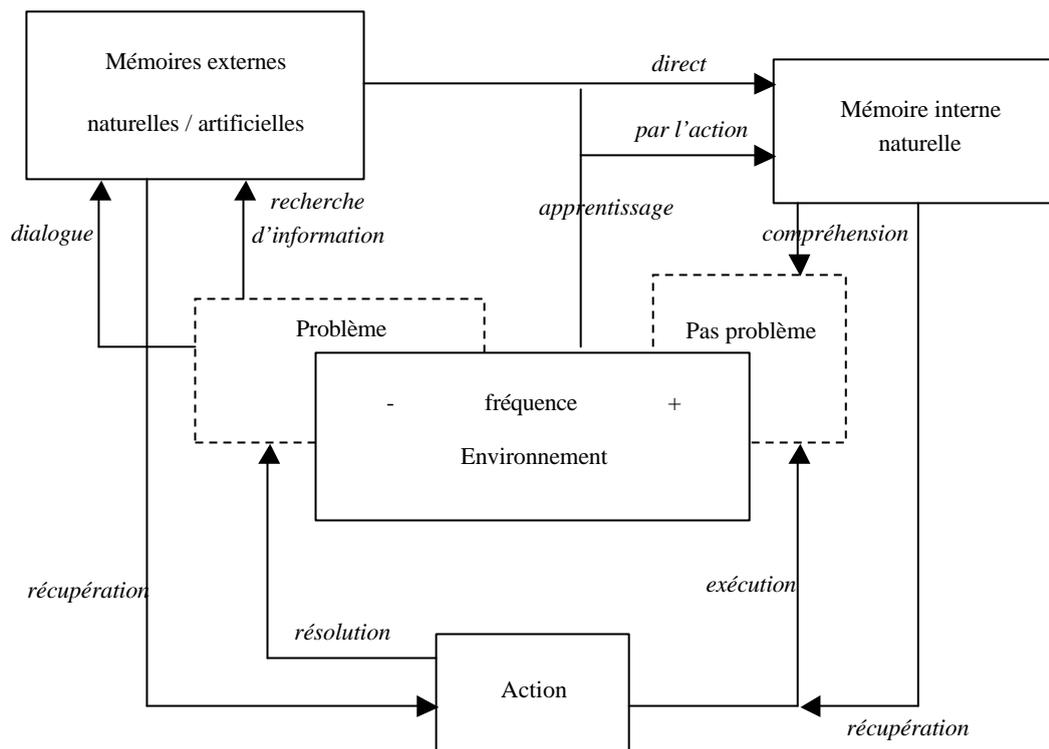


Figure 5. Schéma synthétique des relations hypothétiques entre mémoires, RI et apprentissage

L'activité de RI, tout comme l'activité de résolution de problème, sont coûteuses cognitivement, si bien qu'elles peuvent être concurrentes de l'activité en cours, qui pourtant est à la source de la RI ou de la résolution du problème. Je pense que la grande difficulté de ce domaine de recherche réside sur ce point : la RI n'a de sens que contextualisée, mais l'étudier en contexte multiplie les variables que l'on ne contrôle pas. Nous développerons, au mieux, une psychologie de la RI comme a été développée auparavant une psychologie de la résolution de problèmes : une psychologie qui étudie des processus provoqués par l'expérimentateur et non pas des processus spontanément mis en œuvre par l'individu.

Le premier volet de recherches que je voudrais développer concerne donc un approfondissement et une extension du modèle de Rouet et Tricot (présenté ici § 3.4.2). *L'approfondissement* concerne les aspects liés à la prise de conscience du besoin d'information et à la prise de décision de rechercher une information. Plusieurs pistes me semblent particulièrement intéressantes à suivre. Est-il possible d'évaluer le rapport bénéfice / coût moyen des six possibilités présentées ci-dessus (RI ponctuelle, RI et maintien en mémoire externe, etc.) ? L'individu procède-t-il à une telle évaluation ? Cette évaluation est-elle fiable ? Quels aspects des connaissances antérieures ou de la situation conduisent le sujet à choisir d'apprendre par l'action plutôt que de rechercher de l'information ? *L'extension* concerne les liens entre la RI et l'apprentissage. Il s'agirait de mieux comprendre le déclenchement de la RI (recherche de *feedback* par exemple) lors de la réalisation d'une tâche d'apprentissage. Des tâches de RI sont-elles différentes selon le moment de l'apprentissage ? Je pense que ce volet de mes recherches devrait permettre d'évaluer la pertinence de la catégorisation des besoins d'information présentée au § 3.2.1.3 dans le contexte de la réalisation d'un apprentissage (rechercher une connaissance que l'on n'a pas ; rechercher une confirmation d'une connaissance que l'on a ; rechercher une connaissance plus complète que celle qu'on a, etc.). Ce volet concerne plus particulièrement les travaux réalisés au sein du module « apprentissages, métacognitions et motivations » du Laboratoire Travail et Cognition.

Le second volet que je compte développer a été présenté dans les parties précédentes, notamment au § 3.2.4.4. Il s'agit d'intégrer les aspects perceptifs et attentionnels dans la modélisation des processus de compréhension de documents multimédia et/ou multisources. Ce projet implique surtout le développement de méthodologies d'analyse des liens entre des traitements de bas niveaux, que l'on pourrait étudier par le biais de variables dépendantes comme les mouvements oculaires ou les temps de réaction, et les traitements de hauts niveaux comme la compréhension. Il s'agit, assez simplement, de répliquer des expérimentations classiques en compréhension d'un document complexe, comme par exemple la compréhension d'une image commentée, et d'analyser en quoi les effets classiquement attestés, comme par exemple l'effet de dissociation de l'attention, se traduisent au niveau comportemental. L'effet de dissociation de l'attention concernant les traitements visuels, le comportement étudié serait celui des mouvements oculaires. Il s'agit donc de décrire en quoi les *patterns* de prise

d'information visuelle diffèrent dans les conditions de dissociation de l'attention et de non-dissociation. De tels résultats devraient permettre de formuler des hypothèses plus précises dans le domaine de la compréhension de documents électroniques. Ce volet concerne plus particulièrement les travaux réalisés au sein du module « compatibilité entre système humain et système artificiel » du Laboratoire Travail et Cognition et des collaborations en cours avec des membres de l'Institut de Recherche en Informatique de Toulouse ainsi que du Laboratoire Jacques Lordat.

Le troisième volet que je développe actuellement concerne les formats de présentation, appliqués à un niveau de traitement plus élémentaire que celui étudié classiquement. Dans le cadre d'un projet financé par le programme TCAN du CNRS et impliquant quatre laboratoires toulousains (informatique, psychologie cognitive, neuropsychologie, linguistique), nous commençons en effet à analyser la contribution de la synchronisation son - texte et des annotations à l'écran à l'amélioration de la perception auditive du mot. L'arrivée du langage SMIL (*Synchronised Multimedia Integration Language*) en 1999 et les travaux du groupe de travail du W3 Consortium « *Timed-Text Initiative* » (2003) - constituent en effet un apport intéressant : la synchronisation fine du son et du texte avec annotation à l'écran. Par synchronisation fine, on entend synchronisation exacte du texte et du son au dixième de seconde près. Les annotations textuelles produites permettent, par un jeu sur la mise en forme matérielle du texte, de mettre en exergue des phénomènes phonétiques et acoustiques tels que l'accent tonique dans une langue étrangère. Dans ce projet, nous étudions en quoi le double codage visuel / sonore de l'accent tonique a un effet sur des modalités de restitution différentes comme la reconnaissance du mot à l'oral, la compréhension du mot à l'oral, la « reproduction » immédiate du mot à l'oral (répétition), la production du mot à l'oral (dans une phrase). La population visée est celle des étudiants de langues au niveau avancé (niveau défini dans le cadre commun européen de référence du Conseil de l'Europe). L'objectif pédagogique est l'amélioration de la mémorisation, de la compréhension et de la prosodie en expression orale.

Le quatrième volet que je développe, notamment dans le cadre de l'ERT « hypermédias et apprentissages » concerne l'utilisation de documents électroniques sans scénario didactique. De nombreuses recherches empiriques indiquent en effet qu'il est possible que des documents électroniques sans scénario didactique (c'est-à-dire sans objectifs d'apprentissage ou progression, sans dispositif de régulation ou d'évaluation), contribuent à un apprentissage humain (Sweller, 1999). L'objectif de ce projet est de définir la compatibilité entre un document électronique sans scénario didactique et la situation d'apprentissage dans laquelle il devra s'insérer. Quelles sont les caractéristiques pertinentes à prendre en compte dans le document et dans la situation d'apprentissage pour définir leur compatibilité ? Quelles sont les conditions de compatibilité entre ces caractéristiques ? En bref, mon projet est à la fois d'aborder différemment les environnements informatiques pour l'apprentissage

humain (passer de la conception d'environnements artificiels à l'intégration de documents électroniques dans des environnements humains) et de synthétiser puis tenter de théoriser des résultats empiriques. Je propose d'aborder deux questions. Quelles sont les caractéristiques pertinentes à prendre en compte dans le document et dans la situation d'apprentissage pour définir leur compatibilité ? Quelles sont les conditions de compatibilité entre ces caractéristiques ? Pour un aspect du document (relevant des contenus, de l'interaction ou de l'interface, par exemple, pour l'interface, la mise en forme matérielle du texte) je veux étudier en quoi et sous quelles conditions il y a compatibilité avec chaque aspect du scénario didactique (objectifs d'apprentissage, tâches, progression, régulation, évaluation). Par exemple : la présentation d'une progression à réaliser est-elle mieux comprise quand elle est présentée en liste à plat, en liste structurée ou sans marquer de liste, c'est-à-dire comme simple suite d'items à l'intérieur d'une phrase ? Ce programme de recherche ne contient pas la réalisation d'expérimentations. Il s'agit essentiellement d'analyser la littérature empirique et d'élaborer un modèle qui, lui, devrait permettre de générer un document électronique insérable et testable empiriquement. Par modèle, j'entends un ensemble de « règles de compatibilité » entre document électronique et situation d'apprentissage, chaque règle étant falsifiable empiriquement. Dit autrement, ce projet veut contribuer à une ergonomie des documents électroniques pour l'apprentissage humain, par ailleurs émergente en France (autour de Rouet, de Vries, Ganier, Merlet, Bétrancourt, Jamet, Boucheix, etc.).

Ce volet ergonomique de mon programme de recherche a pour objectif d'être applicable en conception et en évaluation, comme je l'indiquais précédemment au § 2.8. Dans la partie suivante de ce mémoire, je vais illustrer cet aspect appliqué de mes travaux. Comme je le soulignais en introduction, cette partie de mes travaux n'est pas validée expérimentalement mais, si cela se peut, par la pratique. J'ai effectivement conçu des documents qui ont été achetés par des institutions et qui sont utilisés par des élèves. J'évalue effectivement des documents pour l'apprentissage, réalisés par des universités ou des entreprises privées. Je conseille des institutions nationales ou internationales dans le domaine des politiques publiques d'éducation, de formation et d'information. Cette dernière partie du mémoire aborde aussi des questions méthodologiques. Un des problèmes dans le domaine des documents électroniques pour l'apprentissage a été de définir des variables dépendantes, d'évaluer leur pertinence et leur sensibilité. Un autre problème a été d'élaborer un cadre pour interpréter les liens entre des variables dépendantes mesurant l'utilisation du document et des variables dépendantes mesurant l'apprentissage réalisé avec celui-ci.

## **5 La conception et l'évaluation des documents électroniques pour l'apprentissage**

Dans le domaine de la conception et de l'évaluation de documents électroniques un principe général a été proposé par Bernstein (1993) : il faut concevoir et évaluer les documents en fonction des usages. Trois grandes catégories d'usages des documents électroniques ont été définies par Bernstein et présentées plus haut dans ce mémoire : l'extraction, l'exploitation et le jardinage. Si je suis d'accord avec ce principe général, je peux résumer mes travaux dans le domaine en une seule phrase : «essayer d'être plus précis que Bernstein ». En outre, j'essaie dans le domaine d'appliquer un principe que m'a enseigné André Bisseret : ne pas faire de la recherche appliquée mais ré-utiliser en conception ou en évaluation des connaissances issues de la recherche, en les transformant. Le critère de validité d'une connaissance pratique n'est pas sa vérité mais son caractère optimal : qu'elle permette de résoudre le problème le mieux possible en coûtant le moins possible étant données les ressources (humaines, temporelles, financières, matérielles) disponibles.

Dans un premier chapitre, j'essaie d'exposer la mise en application de l'approche ergonomique de la conception de documents électroniques pour l'apprentissage, que j'évoquais dans la partie 2 de ce mémoire. L'application concerne plus particulièrement le domaine de la formation à distance. J'essaie de montrer comment on peut améliorer l'activité des concepteurs et des utilisateurs de la formation à distance.

Les deux chapitres suivants mettent en application l'idée d'aides spécifiques aux situations d'apprentissage (5.2) ou aux processus cognitifs impliqués (5.3). Ces deux chapitres sont donc la mise en œuvre des principes de conception ergonomique proposés au § 2.8.

Le chapitre 5.4 présente l'application concrète de mon approche à un domaine, celui de l'information sur les métiers, domaine où j'ai conçu des cédéroms et fait du conseil pour les politiques publiques.

Enfin, le chapitre 5.5 présente succinctement mes travaux méthodologiques dans le domaine de l'évaluation des documents électroniques. J'ai, sur cette question, contribué à évaluer la pertinence des variables dépendantes utilisées dans le domaine, et élaboré un cadre formel pour analyser les liens entre l'utilisabilité et l'utilité. Ce chapitre se clôt par une rapide réflexion sur la notion d'acceptabilité.

## 5.1 Vers une approche ergonomique de la conception de documents électroniques pour l'apprentissage à distance<sup>6</sup>

### 5.1.1 Introduction

La littérature sur l'ingénierie pédagogique ou le *instructional design* est immense (8348 documents sur la base *Educational Resources Information Center* – ERIC – en Juillet 2003). La littérature sur l'ingénierie pédagogique spécialisée au domaine de l'enseignement et de la formation à distance reste très importante (945 documents sur la base ERIC). Cette vaste littérature est parfois technique (plus que de conception on parle de réalisation), parfois théorique (on parle d'influence de telle théorie pédagogique sur la conception), parfois anecdotique (on parle de sa propre expérience de concepteur), etc. Le processus même de conception est présenté parfois comme une procédure, ou comme l'application de règles, un problème à résoudre, des contraintes à satisfaire, etc. Mon parti pris est de défendre une approche ergonomique de la conception, car cette approche a rarement été défendue dans le domaine (voir cependant Yeaman, 1989 ; Dennen & Branch, 1995 ; Lohr, 2000). Mon approche s'articule autour des réponses à deux questions principales.

- Comment améliorer le processus de conception ? En aidant les différents participants à ce processus à partager une même représentation du but et du processus de conception.
- Comment aboutir à un dispositif qui facilitera et rendra plus efficace l'activité mentale des apprenants ? En identifiant les aspects critiques de l'utilisation pour lesquels il existe dans la littérature des résultats empiriques qui viennent apporter une réponse de conception.

#### 5.1.1.1 Un dispositif difficile à concevoir et à utiliser

Dans ce chapitre, je postule que concevoir un dispositif efficace de formation à distance utilisant les TIC c'est concevoir un artefact complexe qui favorise l'apprentissage, permette à l'apprenant de réaliser les tâches prescrites, soit adapté aux objectifs d'apprentissage et compense les difficultés qu'implique l'autonomie.

Si elle apporte parfois un gain en efficacité pédagogique, la formation à distance utilisant les TIC présente cependant des freins, bien connus aujourd'hui (Horton 2000). Pour les concepteurs, elle implique plus de travail, un long processus de transformation, même partielle, du présentiel vers la distance, l'impossibilité de proposer certaines tâches et certains apprentissages à distance. Pour les

---

<sup>6</sup> Le chapitre correspond à un travail mené au sein de l'ERT « Hypermédias et apprentissages », particulièrement avec Fabienne Plégat-Soutjis.

utilisateurs, elle entraîne plus d'efforts et d'investissement, une dégradation de la communication entre les apprenants et les formateurs, de même qu'entre les apprenants (Foucault, Metzger & Vaylet, 2002), et parfois des réticences et des difficultés liées à l'utilisation des TIC. Il faudrait donc partir du postulat d'une faible acceptabilité du dispositif et tenter de compenser cette faiblesse (Schanck, 2002).

On le voit très rapidement, la conception d'un dispositif de formation à distance est un problème complexe à résoudre *per se* et parce qu'il faut anticiper et résoudre les problèmes des utilisateurs. Ces problèmes de conception sont en outre souvent mal définis et impliquent la participation de plusieurs acteurs. Ces acteurs ont des compétences différentes, une idée parfois différente du but à atteindre et interviennent à des moments différents du processus de conception.

Le but de ce chapitre est de contribuer à la définition d'une approche ergonomique de la conception de dispositifs de formation à distance utilisant les TIC. Je renvoie le lecteur à Paquette (2002) pour une présentation historique de l'ingénierie pédagogique et son positionnement actuel comme ingénierie cognitive. Le but de ce chapitre est donc de proposer une première approche de ce que pourrait être une ergonomie de la conception de tels dispositifs. Il s'agit plus particulièrement de montrer que ce type de travaux empiriques contrôlés, fondés sur des hypothèses réfutables et répliquant leurs résultats, peuvent fonder une démarche ergonomique de conception de dispositifs de formation à distance utilisant les TIC.

Si concevoir c'est résoudre un problème, alors l'aide à la résolution de problèmes de conception peut prendre la forme : de la description d'une procédure à suivre ; de la liste des contraintes à satisfaire ; d'une liste de conseils ; d'une assistance à l'évaluation de la solution. Mais partager une représentation du but et de l'espace problème constituerait l'enjeu majeur du processus de conception coopérative (Badke-Schaub & Frankenberger, 2002). Ainsi je voudrais contribuer à une ergonomie de la conception d'un dispositif de formation à distance utilisant les TIC en proposant une aide à l'élaboration et au partage d'une même représentation du but et du processus, tout en les contraignant le moins possible. Je fais l'hypothèse qu'un bon moyen de partager une représentation commune d'un but et d'un processus consiste à se poser des questions communes à leurs propos. En effet, pour partager une représentation d'un but et d'un processus, il faut d'abord prendre conscience (par soi-même ou par consigne) de la nécessité de partager cette représentation et l'élaborer en commun (de Terssac & Maggi, 1996). En outre, de nombreux travaux (en pédagogie, en prévention, en ingénierie, etc.) montrent qu'en situation de résolution de problème la prise de conscience que l'on manque de connaissances pour résoudre le problème, ou même «qu'il y a un problème », n'est pas du tout automatique (§ 3.2.1). Pis, il faudrait déjà avoir des connaissances certaines ou avoir déjà rencontré le problème pour réaliser cette prise de conscience. Moins on a de connaissances dans un domaine et moins on est disposé à prendre conscience que telle situation relevant de ce domaine est un

problème. Pour partager des connaissances et construire ensemble de nouvelles solutions il faut partager des incertitudes.

Ma démarche à la fois ergonomique et organisée autour de questions adressées à l'équipe de conception n'est pas originale. Lohr (2000) a déjà proposé une approche similaire, qu'elle restreint malheureusement aux aspects d'utilisabilité des dispositifs de formation. Mon approche se veut plus large que celles centrées sur les problèmes d'utilisabilité ou d'interface. Elle concerne la conception et non la réalisation.

Pour ce qui est de l'ergonomie centrée sur les utilisateurs, mon approche est résumée ici § 2.8 et plus bas § 5.2 et § 5.3.

### *5.1.2 Quelques questions pour une équipe de conception*

J'adresse sept questions principales à l'équipe de conception. Ces questions réfèrent à des aspects convenus du travail de conception dans le domaine de l'ingénierie pédagogique : je ne prétends pas apporter quoi que ce soit au contenu du travail des concepteurs mais bien à son organisation cognitive. Je défends la position selon laquelle la majorité des problèmes de conception à résoudre en formation à distance sont non-spécifiques : ils sont majoritairement les mêmes en formation présentielle. Les problèmes spécifiques concernent la régulation du processus d'apprentissage, l'acceptabilité du dispositif et la communication entre les acteurs de la formation. Les questions sont donc : Quel est le contexte de conception ? Quelles sont les connaissances à acquérir ? Comment faire acquérir les connaissances ? Comment faire utiliser le dispositif ? Comment faire communiquer les acteurs de la formation ? Comment représenter les connaissances et les fonctionnalités ? Comment évaluer le dispositif ? Chaque question est déclinée en sous-questions. Chaque question est justifiée par l'enjeu qu'elle représente. Je ne détaille ici que la première question. Les questions suivantes sont présentées dans Tricot et Plécat-Soutjis (soumis). Elles représentent un ensemble d'une cinquantaine de sous-questions « élémentaires ».

#### 5.1.2.1 Quel est le contexte de conception ?

Définir le contexte de conception revient à répondre à quelques questions générales relatives aux finalités du dispositif de formation à concevoir, mais aussi aux ressources et aux contraintes qui pèsent sur le processus de conception. La finalité du dispositif peut être définie comme la mise en relation des buts d'apprentissage, des apprenants et de leurs motifs, et des conditions dans lesquelles ils vont apprendre.

*Qui sont les apprenants ?* Quelles sont les connaissances antérieures des apprenants dans le domaine de contenu ? Les apprenants sont-ils des débutants dans le domaine de connaissances ou au contraire sont-ils déjà experts ? Sont-ils familiers avec les savoirs, savoir-faire, méthodes qui vont être abordés ? Sont-ils

familiers avec la façon dont les connaissances sont représentées ? Quelles sont les stratégies d'apprentissage utilisées par les apprenants ? Quelles sont les connaissances antérieures, les expériences des apprenants dans le domaine des TIC et de la formation à distance ? Quels sont les motifs des apprenants pour suivre cette formation ?

*Dans quelles conditions apprennent-ils ?* Il faut anticiper autant que possible les contraintes organisationnelles de la formation à distance avant de concevoir le dispositif technique, celui-ci devant être adapté à l'organisation (et non la définir). Si les apprenants ne peuvent pas travailler et accéder au dispositif de formation, ils n'apprendront pas (Amiel, Camps, Lutz, Plégat-Soutjis & Tricot, 2002). Quelles sont les contraintes matérielles qui pèsent sur les apprenants ? Quelles sont les contraintes spatiales ? Quelles sont les contraintes temporelles ? Est-ce qu'un tuteur sera présent ou disponible pour aider l'apprenant ? Quelle sera (quantitativement et qualitativement) cette disponibilité ? Mais aussi : quels autres apprenants seront accessibles ? Sera-t-il possible de réaliser des travaux en commun, d'échanger, de demander de l'aide ? Quels documents techniques et quels documents de formation sont-ils accessibles à l'apprenant ? Dans quelles conditions ? Quand ?

*Pourquoi conçoit-on une formation et un dispositif distant ?* Quand on intervient comme concepteur pour une institution, voire dans sa propre institution, il vaut mieux avoir une idée claire des objectifs et des enjeux du travail de conception (Horton, 2000). Sinon ces objectifs et ces enjeux fonctionneront comme autant de contraintes ou critères d'évaluation implicites. La formation et le dispositif distant sont-ils conçus pour des motifs financiers ? Pour concerner plus d'apprenants ? Pour répondre mieux aux contraintes des apprenants ou de l'institution, en termes d'emploi de temps, de disponibilité, de déplacements, etc. ?

*Dans quelles conditions va se dérouler la conception ?* Le dernier élément du contexte de la conception concerne les conditions du travail de conception. Le travail de conception se déroule dans un contexte qu'il est important de connaître avant que le processus de conception lui-même ne débute. Il est devenu banal de dire que cette phase amont du processus, quand elle est réalisée avec sérieux, évite les grandes erreurs de conception et peut raisonnablement conduire à l'arrêt du projet ou à sa redéfinition. Quelles sont les contraintes et les ressources temporelles, financières et matérielles qui pèsent sur la conception ? Comment s'organise la communication entre les acteurs de ce processus ? Quelles compétences ou métiers sont requis ou disponibles ? Ingénieur, donneur d'ordres, infographiste, documentaliste, programmeur, enseignant - formateur, ergonomiste, etc. ? Qui est le chef de projet et/ou l'organisateur du travail de l'équipe ? Quelle est la planification des interventions de chacun ?

### 5.1.3 Discussion

Dans ce chapitre, j'ai défendu une approche ergonomique de la conception de dispositifs de formation à distance utilisant les TIC, c'est-à-dire une approche qui vise à améliorer le travail des concepteurs et des utilisateurs de ces dispositifs. Cette approche s'inscrit dans le champ de l'ingénierie pédagogique et, plus précisément, dans le courant de l'ingénierie cognitive en pédagogie (Paquette, 2002 ; Tricot, 2003). J'ai essayé de répondre à deux questions. Comment améliorer le processus de conception ? Comment aboutir à un dispositif qui facilitera et rendra plus efficace l'activité mentale des apprenants ? A la première question, j'ai répondu qu'il fallait sans doute proposer aux concepteurs une aide à l'élaboration et au partage d'une même représentation du but et du processus de conception, tout en les contraignant le moins possible. A la seconde question, j'ai répondu qu'il existait dans la littérature empirique des résultats qui viennent apporter des réponses aux problèmes d'apprentissage et d'utilisation avec ces dispositifs de formation à distance (quelques-uns de ces résultats sont exploités plus bas). J'ai proposé une liste de questions qui devrait aider les concepteurs à élaborer ensemble une représentation du but et du processus de conception.

Cette articulation entre ergonomie, formation à distance et psychologie des apprentissages veut montrer qu'il existe de très nombreuses connaissances utiles aux concepteurs, mais que ces connaissances sont majoritairement ponctuelles et très dépendantes de la situation d'apprentissage, de son objectif, de son domaine de contenu, de ses apprenants. Il faudrait plutôt apprendre à capitaliser et à utiliser ces connaissances, évaluer en quoi elles améliorent effectivement le travail des concepteurs et des utilisateurs, plutôt que d'inventer encore de nouvelles méthodes.

Mon approche présente des limites importantes.

La plus importante est que je n'ai aucune preuve empirique que mon approche fonctionne, qu'elle aide effectivement les concepteurs. Tout juste puis-je témoigner d'une expérience de formateur en ingénierie pédagogique, ayant « testé » mon approche sur des équipes venues se former à l'IUFM. Il semble que quelques équipes (elles sont rares) aient adopté ma démarche. Je l'utilise aussi pour aider certaines équipes à élaborer un cahier des charges. Contrairement à d'autres ingénieries (architecture, génie logiciel par exemple), notre problème, au moins en France, n'est pas de proposer des approches souples de la conception à des équipes qui ne supportent plus les méthodes rigides. Notre problème est de faire découvrir à des équipes qui fonctionnent de façon artisanale qu'elles peuvent organiser leur travail, gagner du temps et être plus efficaces.

Le seconde limite réside dans le faible nombre de références bibliographiques exploitées. Les références empiriques en psychologie des apprentissages, en psychologie cognitive, en ergonomie, en didactiques, etc. utiles au travail des concepteurs se comptent par milliers. Il faudrait réaliser un travail d'indexation de

ces travaux, pour permettre de trouver des réponses précises et valides à des problèmes précis. C'est ce qu'ont fait certaines équipes dans certains des domaines que j'ai abordés. Dans le domaine des interfaces humain-machine par exemple, il existe les Novafiches (<http://www.amoweba.com/fr/novafiches.php>). Dans le domaine des relations entre images et textes, il existe l'immense revue de littérature de Reinwein (1998), dans le domaine des hypermédias, celle de Dillon et Gabbard (1998), dans le domaine de la pédagogie par résolution de problème celle de Dochy, Segers, Van den Bossche et Gijbels (2003). Je m'efforce de recenser ces méta-analyses, mais le travail à conduire est immense. Indexer ces résultats relève sans doute plus de la conception d'une base de données que de la rédaction d'articles ou de manuels.

Dans le chapitre qui suit, je montre que l'on peut aussi recenser des solutions de conception si on pose le problème de la conception de documents pour l'apprentissage au niveau de la situation d'apprentissage.

## **5.2 La conception d'aides spécifiques aux situations d'apprentissage**

J'ai proposé, avec Pierre-Demarcy et El Boussarghini (Tricot, Pierre-Demarcy & El Boussarghini, 1998, 2000) l'idée que l'aide à l'apprenant pouvait être fournie à partir de l'identification du type de situation d'apprentissage. Nous avons repris les trois grandes catégories de situations d'apprentissage définies plus haut : par l'action, par instruction et par la découverte (*cf.* les définitions données § 2.4). Nous avons analysé les processus cognitifs impliqués dans quelques exemples prototypiques de ces situations d'apprentissage. Nous avons ensuite analysé quelques hypermédias correspondant à ces trois situations. Puis nous avons essayé de définir des aides spécifiques à la mise en œuvre des processus cognitifs impliqués dans le traitement de chaque type d'hypermédia donc, par extension, de chaque type de situation d'apprentissage.

### *5.2.1 Les apprentissages par l'action*

L'élaboration de la consigne est critique dans la mesure où celle-ci guide l'élaboration de la représentation et peut induire l'élaboration d'une représentation inadéquate, par exemple par l'adoption de fausses contraintes dans les procédures de résolution (de très nombreuses études ont été conduites sur le thème). De simples définitions de mots difficiles ou ambigus pourraient aussi aider le sujet, ainsi qu'une représentation imagée de la situation à traiter.

Une aide ponctuelle à l'élaboration d'une représentation opérationnelle peut intervenir sous la forme d'un pointage des propriétés critiques de la situation, ce qui permettrait de bien catégoriser le problème. Des situations analogues pourraient être proposées, permettant un transfert analogique lorsque celui-ci est

possible, c'est-à-dire lorsque l'apprenant a des connaissances antérieures qui le permettent.

Le *feedback* étant l'élément essentiel de cet apprentissage, il doit exister (peut être seulement à la demande) à toutes les étapes et non pas uniquement de façon différée, en final, sous la forme d'une réussite ou d'un échec. Il peut s'agir par exemple d'informations explicites en terme d'écart au but, de buts négatifs à éviter, de sous-buts, d'hypothèses alternatives...

### *5.2.2 Les apprentissages par instruction*

Le premier niveau d'aide dans le domaine des apprentissages par instruction me semble devoir être lexical et syntaxique : le vocabulaire et les structures syntaxiques utilisés doivent être adaptés aux apprenants, les mots difficiles doivent être définis. Caro et Bétrancourt (1998) montrent par exemple qu'un simple dispositif de fenêtre escamotable est efficace pour les définitions.

Le second niveau d'aide concerne le niveau de la structure argumentative : les arguments doivent être reliés entre eux selon des schémas que connaissent les sujets.

Le troisième niveau d'aide concerne les connaissances préalables des sujets sur le thème abordé ou sur la situation décrite : il peut y avoir un dispositif de sélection ou de hiérarchisation de l'information en fonction de réponses à un questionnaire d'entrée. Le système doit proposer des représentations graphiques des situations décrites. Le dispositif d'intégration texte/graphique doit permettre une gestion aisée du traitement de la co-référence texte/image. Un feedback doit être fourni sur l'acquisition des connaissances.

Enfin, à un dernier niveau, le système doit permettre de prendre en compte différents types d'objectifs des apprenants. Il doit y avoir une sélection des informations et/ou une structuration de celles-ci en fonction de l'objectif. Comme il existe des différences interindividuelles dans la production d'inférences, il est important d'apporter une aide aux sujets, susceptible de provoquer des élaborations du texte (prise de notes, rédaction de résumés en cours d'apprentissage).

### *5.2.3 Les apprentissages par la découverte*

Selon moi, trois niveaux d'aide doivent être proposés pour les apprentissages par exploration : les aides à la gestion de la tâche, les aides à la sélection d'information et les aides à la compréhension.

Les aides à la gestion de la tâche : il s'agit essentiellement d'aider le sujet à se représenter de façon opérationnelle le but qu'il poursuit ; dans certains cas, il faudra aider le sujet à faire évoluer cette représentation, tandis que dans d'autres,

il faut l'aider à maintenir cette représentation stable. Peut être qu'un affichage du but sous forme de bandeau ou de fenêtre escamotable pourrait aider les sujets sur cet aspect (Beaufils, 2003).

Les aides à la sélection d'information doivent à mon sens concerner deux aspects principaux : l'identification claire des catégories d'informations à l'intérieur desquelles le sujet fait un choix et la définition de menus d'accès simples, peu profonds. Comme il est probable que l'on puisse décrire l'activité de choix d'une catégorie comme un calcul de proximité entre la représentation du but et le titre de la catégorie, alors on peut penser que des marqueurs de pertinence, peut être quantitatifs, de ces catégories peuvent être proposés aux sujets.

Les aides à la compréhension ne diffèrent pas de celles évoquées plus haut.

La brève analyse que j'ai proposée ci-dessus me permet d'envisager des pistes de travail pour la conception ou l'évaluation des documents électroniques pour l'apprentissage qui seraient centrées sur les aides, et qui dépendraient du type d'apprentissage visé.

Il me semble aussi possible d'envisager que ces aides soient centrées sur les activités cognitives, comme la répétition, la compréhension et la production d'hypothèses, qui sont impliquées à des titres différents dans les trois situations d'apprentissages évoquées. J'aborde cette perspective dans la partie suivante.

### **5.3 Une aide en fonction des processus cognitifs impliqués**

J'ai indiqué dans le chapitre ci-dessus, mais aussi dans la partie 2 de ce mémoire, que l'on pouvait trouver dans la littérature des moyens de faciliter la mise en œuvre de processus cognitifs impliqués dans les apprentissages. J'ai aussi indiqué qu'il était possible d'agir sur les facteurs qui ont un effet sur les apprentissages. Je ne vais rapporter ici qu'un seul exemple, celui de la compréhension, car c'est celui que j'ai le plus largement évoqué dans ce mémoire. Tous les autres processus ou facteurs (le transfert analogique, la répétition, la production et le test d'hypothèses, la procéduralisation, la compilation, la conceptualisation, l'induction, les essais et erreurs, la prise de conscience, la généralisation, l'assimilation, l'automatisation, l'évaluation, le contrôle) peuvent très probablement être abordés de la même manière : on peut trouver dans la littérature quelques indications générales et quelques indications spécifiques (aux apprenants, aux contenus) susceptible de favoriser la mise en œuvre de l'activité de l'apprenant.

Pour favoriser la compréhension, on peut :

- Adapter le vocabulaire utilisé aux apprenants ;

- Définir les mots difficiles ;
- Adapter les structures syntaxiques aux apprenants ;
- Utiliser un type de discours que connaissent les apprenants ;
- Proposer des représentations graphiques des situations décrites ;
- Intégrer les textes et les images ;
- Utiliser les canaux auditifs et visuels ;
- Représenter par des images animées les phénomènes dynamiques ou temporels ;
- Être d'autant plus redondant que l'apprenant est ignorant ;
- Fournir un dispositif de sélection ou de hiérarchisation de l'information ;
- Utiliser des *pop up windows* pour présenter les informations secondaires ;
- Si le document est un hypertexte, il vaut mieux : réaliser une structure peu profonde et peu large (pas au-delà du niveau 4) et proposer une consultation linéaire si l'apprenant a peu de connaissances dans le domaine.

#### **5.4 Améliorer la conception de documents d'information sur les métiers**

Je présente maintenant un second domaine d'application, celui de la conception de documents d'information sur les métiers. J'ai dans ce domaine, une activité de développement et de conseil.

##### *5.4.1 Le projet Itinéraire pour un métier*

Je suis le co-auteur, avec Alain Rufino, d'une série de 22 cédéroms, pour l'information sur les études et les métiers, destinés aux élèves de fin de collège et édités par l'ONISEP (Office National d'Information Sur les Enseignements et les Professions). Dix personnes engagées dans un travail de conception durant cinq ans, deux ans de tests de maquettes nous ont permis, souvent par tâtonnement, de prendre quelques options de conception qui semblent convenir aux élèves. Les cédéroms se sont en effet vendus à plusieurs dizaines de milliers d'exemplaires. Ce projet, bien que très appliqué, a pu donner lieu à un nombre conséquent de publications, les revues spécialisées en orientation ou en ingénierie pédagogique semblant intéressées par notre démarche (Rufino & Tricot, 1994, 1995 ; Tricot et Rufino, 1996, 1999).

L'objectif des cédéroms « Itinéraire pour un métier » est d'informer les élèves des lycées et des collèges sur les métiers et les études. La démarche proposée consiste à permettre à l'élève de « s'auto-informer » : trouver les informations qu'il cherche, explorer des voies qu'il ne connaît pas bien, affiner progressivement ses choix, corriger ses *a priori*, ses erreurs, et surtout, comprendre ce qu'il lit, pour ressortir vraiment informé de la consultation d'un document. Cet objectif est selon nous pédagogique, puisqu'il vise à transformer des connaissances anciennes et à faire acquérir des connaissances nouvelles à des élèves, de sorte que ces connaissances soient réutilisables en situation (*e.g.* de décision) ultérieurement. Cette démarche, dite de « pédagogie de l'information », est encore très peu connue hors du champ de l'orientation scolaire et professionnelle.

Pour l'élaboration de cet outil, nous avons conduit des recherches de terrain, auprès d'élèves des lycées et des collèges, afin de connaître leurs représentations sur les objets que nous avons choisis de renseigner (350 métiers). Au cours de ces recherches, nous avons aussi essayé de comprendre comment les élèves recherchent de l'information sur les études et les métiers (Rufino, 1985 ; Rufino & Tricot, 1994, 1995 ; Tricot, 1995 ; Tricot & Rufino, 1996).

#### 5.4.1.1 Quelques options sur les modalités d'interaction

La structure est hypertextuelle avec une limite à 3 en niveau de profondeur et à 5 en niveau de largeur. L'hypertexte est muni d'un index et de deux tables de contenus actives : l'une graphique (entrée par les métiers), l'autre textuelle (entrée par les formations). La police de caractères utilisée est l'Helvetica 14 gras. Chaque texte (à gauche de l'écran) est illustré par une image (à droite de l'écran). Les lignes de texte comportent 40 signes en moyenne. Les icônes sont au nombre de 8, disposés en ligne en bas de l'écran, et leur fonction s'affiche en bas de l'écran chaque fois que la souris passe sur eux. Le fond d'écran n'est pas blanc mais bleu afin d'obtenir un meilleur contraste avec les mots-boutons verts et rouges.

#### 5.4.1.2 Quelques options sur le scénario pédagogique

Nous avons identifié deux priorités pour la conception de ce système de « pédagogie de l'information » : (a) il ne faut pas diffuser des documents contenant beaucoup d'informations mais concevoir de véritables documents pédagogiques adaptés aux questions, au niveau de langue, au fonctionnement des élèves ; (b) il faut à la fois proposer le plus large choix dans l'accès à l'information, dans les délais les plus courts, tout en aidant l'élève à s'y retrouver, à disposer d'informations compréhensibles et utiles pour fonder son choix d'orientation.

Nous avons ensuite divisé ces deux priorités en quatre sous-objectifs.

*1er objectif : quelles représentations les élèves se font-ils des métiers et des études sur lesquelles nous devons les informer ?* Nous avons conduit une enquête

par entretiens semi-directifs, de type clinique piagétien, auprès de plus de 2000 élèves de 4<sup>ème</sup> et de 3<sup>ème</sup>, sur les 350 métiers présentés dans les cédéroms Itinéraire pour un métier. Les détails de cette démarche et les résultats sont présentés dans l'article de Rufino et Tricot (1994). Nous avons, pour chaque métier, une réponse aux sous-questions suivantes. Étant donné l'objectif d'information d'un conseiller d'orientation sur telle profession, quelle est la proportion, le «champ couvert» par les élèves des lycées et des collèges en termes de connaissances ? Quelles sont aussi les aspects abordés par les élèves et qui ne concernent pas cette «représentation utile» de la profession ? Comment est structurée cette représentation des élèves : comment leur connaissance de tel ou tel métier est-elle découpée en thèmes ? Quels sont les systèmes de classification utilisés, les principaux ancrages, les réseaux de concepts qui constituent la ou les représentations produites ? Comment cette représentation est-elle susceptible d'évoluer : quelles sont les réactions du réseau de concepts que constitue la représentation à des apports d'éléments nouveaux ou à des contradictions ?

*2ème objectif : quelles caractéristiques doit avoir un texte pour être compris des élèves ?* Il faut adopter un niveau de langue simple, ou adapté aux élèves, pour rédiger les documents (une dizaine de règles de choix lexicaux et syntaxiques ont été conçues), et présenter l'information selon une structure simple, repérable et invariante.

*3ème objectif : comment aider les élèves à trouver les informations qu'ils cherchent ?* En connaissant mieux le fonctionnement de l'élève en situation d'auto-information. Deux types de stratégies complémentaires (qui alternent) sont utilisées par les élèves : l'approfondissement détaillé d'un aspect déjà connu, et l'exploration globale, balayage rapide, d'un domaine peu connu. Le plus surprenant, au premier abord, est que, spontanément, l'élève va vers les aspects qu'il connaît déjà. En fait, dans ce type de situation, l'élève a besoin d'une phase de repérage du contenu et de l'organisation du document, phase qui, si elle n'est pas «réussie», altère gravement la prise d'information. L'alternance que nous avons proposée, entre des questionnaires d'évaluation et des textes d'information, est spontanément intégrée par les élèves dans la consultation du document. Il faut aussi connaître les questions qu'il se pose : les questions que se pose l'élève en situation d'auto-information sur un métier concernent (par ordre décroissant de fréquence) les études, la nature du travail, les qualités requises, les conditions de travail, l'accès à l'emploi et les possibilités de carrière.

Il faut fournir des aides pédagogiques à la stratégie de questionnement. La simplicité de la structure de présentation des métiers permet à l'élève de s'approprier rapidement une structure globale pertinente pour gérer son questionnement. L'auto-évaluation des manques n'est pas totalement satisfaisante, en particulier pour ce qui est des erreurs dont on a rarement conscience. C'est pourquoi le cédérom Itinéraire propose à chaque utilisation de passer un questionnaire rapide qui permettra à l'élève de bien localiser ses connaissances et ses manques, ceci afin d'organiser de la manière la plus pertinente et la plus économique, sa recherche d'information. On trouve là une mise en œuvre de

l'idée présentée au § 3.2.1 de ce mémoire : pour aider un individu à rechercher de l'information il faut l'aider à se poser des questions.

Il faut détecter et corriger ses erreurs. Les connaissances sont l'objet d'élaborations pour lesquelles les aspects organisationnels apparaissent déterminants, amenant à considérer les représentations comme des réseaux sémantiques à la fois complexes, interconnectés et dynamiques, sur lesquels intervient le processus d'information. La correction des erreurs dans cette organisation ne peut plus apparaître comme la simple substitution d'éléments erronés par des éléments exacts dans une logique où ceux-ci seraient indépendants les uns des autres : la correction d'une erreur (que l'on peut considérer comme un des aspects du processus d'information) consiste en une reconstruction, même localisée, d'éléments et de relations ; la correction d'une erreur locale entraîne parfois des « réactions en chaîne » dans les réseaux constitués, et aboutit parfois à générer des erreurs ou des incertitudes là où il n'y en avait pas auparavant ; on assiste à une plus ou moins grande « résistance » des noyaux erronés à la correction, en fonction de leur aspect plus ou moins central dans la représentation (nombre d'éléments et de relations concernés dans le réseau sémantique) ; on rencontre un butoir quantitatif à la correction des erreurs en une seule séance, que l'on peut expliquer par la difficulté à maîtriser le processus de re-élaboration, dès lors qu'un trop grand nombre d'éléments et de relations entrent en jeu.

L'ensemble de ces observations semble imposer une aide à la correction des erreurs dans tout dispositif pédagogique d'auto-information.

Enfin, l'aspect conjoncturel et « vivant » des connaissances nous a incité à concevoir la pédagogie de l'information comme un processus étalé dans le temps afin de permettre, au moins aux éléments principaux de la représentation, de se stabiliser sur des formes pertinentes et efficaces, c'est-à-dire de devenir des connaissances.

*4ème objectif : comment concevoir un système interactif permettant des démarches individuelles, centrées sur la problématique de l'élève ?* Après de nombreuses expérimentations et évaluations des différentes maquettes, nous avons choisi : une structure stable, strictement similaire d'un métier à un autre, fondée sur 5 accès correspondant aux 5 questions que les élèves se posent le plus souvent à propos d'un métier (cf. supra, réponse 3) ; une structure simple ; des paragraphes de textes courts, un seul paragraphe par écran, expliquant chacun une notion et une seule ; environ 25 paragraphes de textes par métier ; un questionnaire et correction des erreurs, systématiquement sur chacune des 25 notions présentées dans le document : une erreur détectée contraint l'élève à ouvrir l'écran « corrigeant » cette erreur ; un guide de consultation dynamique indiquant non seulement la structure du document mais aussi l'état de la consultation de l'élève, chaque fois que celui-ci le demande.

#### 5.4.2 L'aide aux politiques publiques en matière d'information sur les métiers

J'ai été sollicité pour rédiger un rapport dans le cadre de l'examen par l'OCDE des politiques des services d'information, d'orientation et de conseil, commandité conjointement par la Commission Européenne et l'OCDE. Il m'était demandé de faire un état de l'art, c'est-à-dire de la littérature scientifique, des politiques publiques et des pratiques... au niveau international (sic) et de produire des recommandations pour l'amélioration de l'information sur les métiers. Je donne ici un résumé de ce rapport, qui, me semble-t-il illustre bien l'approche ergonomique de la conception de documents que j'essaie de défendre (Tricot, 2002).

Il est possible d'améliorer l'information sur les métiers. Pour cela il faudrait :

- Identifier précisément les besoins d'information et les questions des usagers ; cette identification devrait être réalisée de façon empirique, être mise à jour régulièrement et différencier les catégories d'usagers.
- Aider les usagers à identifier ces besoins et à se poser ces questions, non seulement au cours des entretiens conduits par les conseillers mais aussi lors du traitement des documents.
- Assurer la véracité des contenus diffusés, les mettre à jour, être précis et non-discriminant.
- Concevoir des documents dont le contenu soit compréhensible ; cela implique une adaptation du niveau de langue à l'utilisateur et une utilisation pertinente de la multimodalité (textes, images, images animées, sons).
- Favoriser le contact direct avec le monde du travail par des stages et des visites, et l'accompagner pédagogiquement (préparation, exploitation).
- Être pertinent, c'est-à-dire chercher à donner les réponses aux questions que les usagers se posent (ou aux besoins qu'ils ont), y compris lors de la conception de documents ; pour être pertinent il faut en outre savoir ce que les usagers savent, ne savent pas, croient savoir et quelles erreurs ils font sur les métiers, les carrières et les études sur lesquelles on les informe.
- Être reconnu comme pertinent, c'est-à-dire développer la confiance que les usagers peuvent avoir dans les conseillers et dans les sources.
- Concevoir des documents utilisables, c'est-à-dire accessibles, faciles à prendre en main, ne conduisant pas l'utilisateur à des erreurs de manipulation ou à des impasses, entraînant un sentiment de satisfaction et pas de perte de temps.

- Concevoir des documents et des services acceptables, c'est-à-dire compatibles avec l'organisation des pratiques, des outils, des conventions, des valeurs, du milieu social dans lesquels ils s'insèrent.
- Mutualiser au niveau régional et/ou national la collecte, le tri et la vérification des ressources, ainsi que l'identification des besoins, des questions et des connaissances des usagers sur les métiers et les carrières.
- Bref, être pédagogique dans la conception de l'information, voire envisager une véritable « éducation à l'information » des usagers.

#### 5.4.3 Perspectives

Des travaux conduits plus récemment (Amiel, Morcillo, Tricot & Jeunier, sous presse) autour de la description des questions que posent explicitement les jeunes quand ils vont s'informer dans un centre d'information et d'orientation, où quand ils consultent un site Web spécialisé, semblent pouvoir fournir de nouvelles directions pour la conception de documents d'informations sur les métiers. Plusieurs milliers de questions ont été analysées, recueillies auprès d'individus âgés de 12 à 25 ans. La majorité de leurs questions concerne la connaissance du système éducatif, des filières, des diplômes, des lieux d'études. Les questions posées en fonction de leur centre d'intérêt représentent moins de 10 % du corpus analysé. Or la plupart des documents d'auto-information édités par l'ONISEP sont organisés selon une « clé d'intérêts », élaborée par Benedetto suite aux travaux de Holland. Nos résultats semblent remettre en cause cette unique entrée. Ils pourront peut-être un jour être utilisés pour faire évoluer le système autodocumentaire de l'ONISEP. Je signale enfin que l'approche de pédagogie de l'information élaborée avec Alain Rufino a servi de cadre méthodologique à d'autres équipes de conception. On la retrouve dans des outils récents comme « Découverte de l'entreprise » (ONISEP) ou « De l'école au travail » (CEREQ / ONISEP).

### 5.5 L'évaluation des documents électroniques

J'ai dit plus haut que les documents électroniques pouvaient être considérés comme des moyens pour l'utilisateur de réaliser une activité principale. L'activité principale peut être, par exemple, d'apprendre des concepts de physique, de concevoir une aire de jeu pour enfants ou encore de s'informer sur les études de médecine. Dans le contexte de cette activité principale, l'individu peut avoir un but de recherche d'information, qui est plus ou moins direct selon l'activité en cours. En effet, selon l'activité principale réalisée, le but de recherche d'information est évident, il correspond à un besoin explicite : c'est le cas quand je cherche des informations sur les études de médecine. Dans d'autres cas, par exemple quand je conçois une aire de jeu pour enfant, la prise de conscience du besoin d'information et l'élaboration d'une représentation mentale du but de RI

peut tout à fait ne pas se produire. Je peux par exemple m'engager dans une activité de conception comme résolution de problème en n'utilisant que mes propres connaissances. Le but de RI se traduit par la recherche d'un ou plusieurs documents ou d'un ou plusieurs nœuds dans un document et l'activation des liens qu'il y a entre eux. Ces deux notions, contexte de l'activité et but de RI, ont leur pendant dans l'évaluation de l'utilisation d'un document. La réussite d'une utilisation peut s'exprimer en termes d'activité principale (par ex. conception d'une aire de jeu) ou en termes du but de RI (avoir trouvé les documents pertinents). Finalement, un bon document est un document dans lequel je trouve ce que je cherche *et* qui me permet de réaliser l'activité en cours (par ex. conception d'une aire de jeu).

### 5.5.1 *Évaluation de la pertinence des variables rationnelles*<sup>7</sup>

Dans le domaine de recherche d'information, de nombreuses variables dites rationnelles, issues des sciences de l'information, sont employées pour mesurer la performance des systèmes d'informations. Leur application dans le domaine des documents électroniques exige une évaluation de leur pertinence pour interpréter l'activité des utilisateurs. Plus précisément, il est nécessaire d'évaluer si la performance en terme de ces variables dépend des caractéristiques du contexte de l'activité et de la nature du but de RI. Une meilleure connaissance des effets de contexte et du but de RI sur l'utilisation de documents électroniques sera utile à deux titres. Du point de vue théorique, elle servira de base pour les recherches visant à étudier l'utilité et l'utilisabilité des documents électroniques pour l'apprentissage. Du point de vue pratique, elle permet d'envisager précisément, lors de la conception ou de l'évaluation d'un document électronique, les caractéristiques spécifiques aux tâches envisagées, que ce soit au niveau de l'organisation de l'information, des fonctionnalités ou de l'interface du système. Ainsi, ce chapitre s'intéresse aux moyens de caractériser l'utilisation de documents électroniques. En particulier, la question de la sensibilité des variables de performance aux aspects du contexte et aux variations dans la nature du but de RI est abordée en examinant des résultats d'études.

Les résultats obtenus dans les travaux empiriques conduits avec Erica de Vries (de Vries & Tricot, 1998) font penser que l'approche qui consiste à importer les critères rationnels du domaine des sciences de l'information, soit les taux de rappel, de précision et d'économie, ne constitue pas un bon cadre d'analyse. Une hypothèse pour expliquer l'inadéquation de ce cadre d'analyse, est que le principe rationnel d'économie correspond à un cadre dans lequel un algorithme de recherche ou un mode d'indexation doivent être efficaces : non seulement atteindre le but, mais aussi avec précision et dans un temps le plus bref possible.

---

<sup>7</sup> Ce chapitre doit beaucoup à Erica de Vries, Jean-Paul Coste, Emmanuelle Puigserver, Dolly Berdugo et Mariama Diallo.

Or, de toute évidence, les utilisateurs ne sont pas souvent contraints de se représenter la tâche en ces termes. Dans nos expériences, certains sujets ayant trouvé les pages pertinentes exploraient le reste du document par curiosité. L'évaluation de l'utilité des descripteurs nécessite alors l'introduction d'une contrainte dans la consigne pour introduire la notion d'efficacité. Bien que l'on puisse observer une répercussion de divers facteurs sur ces variables, les variations semblent refléter l'interprétation qu'a le sujet de la situation, plutôt qu'une mesure de l'efficacité de l'ensemble situation - tâche - document : quand on demande aux sujets d'être efficaces ils le sont plus que quand on ne leur demande pas... Le critère d'efficacité est donc plus dans la représentation de l'observateur que dans celle de l'utilisateur. En bref, le domaine de pertinence des variables issues de l'approche rationnelle semble restreint aux tâches de recherche d'information précise et contraintes.

Puisque la mesure de l'efficacité ou de l'efficacité des parcours implique une connaissance précise de la signification de l'efficacité des parcours (connaissance non disponible à l'heure actuelle), on peut vouloir simplement décrire les parcours en fonction de questions que l'on se pose. J'ai développé un formalisme d'analyse (en fait une sorte de grammaire générative) des événements d'interaction (clicks souris) qui a par exemple permis de montrer que lors de la phase de découverte d'un nouvel EIAH complexe, les utilisateurs ont tendance à faire des parcours où la consultation de pages de menu et de pages de contenu alternent, et non pas, comme on aurait pu s'y attendre, d'abord des parcours où l'utilisateur apprend à se servir de l'outil puis des parcours où l'utilisateur traite des contenus (Tricot, 1995).

#### *5.5.2 Interpréter les liens entre les variables mesurant l'utilisation du document et celles mesurant l'apprentissage<sup>8</sup>*

Lorsqu'on évalue un document électronique (et plus généralement un objet finalisé), on doit évaluer sa mise en œuvre (son utilisation) et ses résultats (les buts qu'il permet d'atteindre, leur conformité aux buts attendus). La mise en œuvre et les résultats sont décrits par des variables : respectivement, les variables d'utilisabilité et d'utilité. Grudin (1992) a discuté de ces deux notions dans le domaine du logiciel, décrit les champs de recherche et les pratiques qu'elles recouvrent et souligné la distance, difficile à franchir, qui les sépare. Il appelle de ses vœux un rapprochement des champs de recherche et espère une possible prise en compte des deux dimensions dans les pratiques de conception. Dans le chapitre précédent, je disais que, du côté de l'évaluation des documents électroniques, les progrès à accomplir concernent d'abord la définition des deux variables et des relations qu'elles entretiennent. Dans ce chapitre, je propose donc un cadre formel pour l'interprétation des liens entre ces deux variables. À ma connaissance en

---

<sup>8</sup> Ce chapitre correspond à une collaboration avec Marie Tricot.

effet, une définition rigoureuse des relations entre utilisabilité et utilité n'existe pas, et une telle définition manque. La proposition de Le Coadic (1997) à ce propos me semble correcte mais trop peu précise. Pour cet auteur en effet, l'utilisabilité «peut servir d'antécédent causal pour l'utilité» (p. 56), ce qui pour lui, semble vouloir dire non-utilisabilité implique non-utilité et donc utilité implique utilisabilité. Si le principe de cette proposition me semble convenable, je regrette que l'auteur n'indique pas comment on exploite des résultats concernant l'utilité et l'utilisabilité (ce n'est d'ailleurs pas son but). Le Coadic n'envisage pas non plus les cas intermédiaires, où par exemple un système d'information est moyennement utile et plutôt utilisable. En bref, plutôt qu'une relation d'implication entre deux variables, j'envisage la description logique de l'ensemble des relations possibles entre ces deux variables, pour quelques valeurs standards de ces variables.

Il me semble qu'actuellement l'utilisabilité fonctionne non seulement comme un critère d'évaluation globale de la qualité des documents électroniques (pour Sullivan (1997), « valeur », « qualité » et « utilisabilité » d'un site Web sont même synonymes), mais aussi qu'une certaine confusion est liée à la notion d'utilisabilité et à ses liens avec l'utilité. Je ne peux pas suivre Nielsen (1999) quand il rapporte que dans la majorité des cas, les utilisateurs ne trouvent pas ce qu'ils cherchent sur le Web et qu'il interprète ce résultat comme lié à un problème d'utilisabilité. En effet, ce résultat est peut-être lié à un problème d'utilité : le Web n'est peut-être pas utile pour toute recherche d'information, de produits, de références, etc.

Je retiens la conception de la pertinence défendue par Mizzaro (1998 ; cf. § 3.4.1) et l'applique à la notion d'utilité : l'utilité d'un document électronique est l'adéquation entre la finalité du document électronique et le but de l'utilisateur, pour un domaine, une exploitation et un environnement donnés.

Les relations standard entre utilité et utilisabilité (Nielsen, 1993 ; Dillon & Morris, 1996 ; Ketola & Røykkee, 2001) me semblent très discutables car soit théoriques, soit *ad hoc* : elles n'apportent aucune preuve empirique systématique de leur validité (voir Tricot et al., 2003 pour une présentation de ces différents modèles).

Le problème principal que je propose d'aborder dans ce chapitre est trivial, mais personne à ma connaissance ne l'a encore posé : comment interpréter les relations entre deux séries de tests mesurant l'utilité et l'utilisabilité ? Imaginons le cas d'un document électronique pour l'apprentissage qui, suite à une série de tests, se révèle inutilisable et inutile. Comment savoir ce qu'il faut améliorer ? Doit-on croire que l'amélioration de l'utilisabilité va entraîner une amélioration de l'utilité ? Qu'il faut aussi améliorer l'utilité ? Ou que l'amélioration de l'utilité entraînera une amélioration de l'utilisabilité ? Ce problème de l'interprétation des relations entre deux types d'évaluation est, on le voit, très pratique. Pourtant il soulève un vieux problème théorique, encore débattu aujourd'hui, et qui n'est rien moins que celui de la rationalité, c'est-à-dire le problème des relations entre moyens et buts (Searle, 2001). Élaborer une rationalité c'est élaborer un modèle

des relations entre moyens et buts. On vient de voir dans le chapitre précédent qu'en évaluation des IHM un des problèmes réside dans l'exportation d'un champ (*e.g.* les bases de données) vers un autre (*e.g.* les hypertextes) de critères rationnels. Un critère rationnel dans un champ peut ne pas l'être dans un autre. J'adopte une approche empirique de la rationalité : est rationnelle une relation observée entre deux états de réussite de l'atteinte du but et de la mise en œuvre des moyens. Je considère que la rationalité humaine a une dimension subjective, c'est-à-dire que pour tout objet finalisé mettant en relation l'objet lui-même (le moyen) et sa finalité (le but), il existe une représentation mentale (individuelle ou collective) de cet objet finalisé et de sa rationalité. J'appelle acceptabilité la valeur de cette représentation. La position que je défends est aussi simple que le problème que je pose, pourtant, là encore, je ne connais personne qui ait défendu ce point de vue jusqu'alors<sup>9</sup> :

- quel que soit l'objet finalisé à évaluer, toute relation entre Utilisabilité (possibilité de mettre en œuvre les moyens) et Utilité (possibilité d'atteindre le but), est possible ;
- toute relation possible peut-être décrite de façon logique.

Nous avons proposé (Tricot & Tricot, 2000 ; repris dans Tricot, 2001) un cadre formel pour l'interprétation de quinze relations possibles entre ces deux variables. Les liens entre les variables d'utilisabilité (notée  $V_D$ ) et d'utilité (notée  $V_E$ ) sont décrits par la fréquence  $f$  des co-occurrences des états de  $V_D$  et  $V_E$ . La somme de ces fréquences est évidemment égale à 1. L'analyse implicative (Bernard & Charron, 1996) permet, à partir de la distribution des fréquences dans cette table de contingence, d'inférer la relation logique entre ces deux variables. Il s'agit donc de considérer une table de contingence 2x2 comme une colonne de la table de vérité : les fréquences = 0 correspondant aux états « faux » (disons impossibles), les fréquences > 0 correspondant à des états « vrais » (disons possibles). On considère que la somme = 1 des fréquences > 0 correspond à une équirépartition de ces fréquences.

	$V_D$ (noté $V_{D1}$ )	$\neg V_D$ (noté $V_{D0}$ )	
$V_E$ (noté $V_{E1}$ )	$f_{V_{D1} V_{E1}}$	$f_{V_{D0} V_{E1}}$	$f_{V_{E1}}$
$\neg V_E$ (noté $V_{E0}$ )	$f_{V_{D1} V_{E0}}$	$f_{V_{D0} V_{E0}}$	$f_{V_{E0}}$
	$f_{V_{D1}}$	$f_{V_{D0}}$	

Tableau 13. Table de contingence

---

<sup>9</sup> Mais ce point de vue est, par bien des aspects, à rapprocher des approches empiriques de la causalité et donc du raisonnement expérimental en sciences. Pour une discussion voir Ogborn (1993).

Par exemple, la distribution suivante est interprétée comme une équivalence  $V_D \Leftrightarrow V_E$  et correspond à un document électronique « spécifique » (nécessaire et suffisant).

	$V_{D1}$	$V_{D0}$
$V_{E1}$	0,5	0
$V_{E0}$	0	0,5

Tableau 14. Document électronique « spécifique » (nécessaire et suffisant)

Ce cadre permet d'interpréter des résultats lors d'évaluations de documents électroniques et plus largement d'outils finalisés, sous réserve que les tests mesurent indépendamment l'utilisabilité et l'utilité. Il permet de souligner un aspect important de l'ergonomie des documents électroniques : seuls les cas correspondant à un document « nécessaire et suffisant » permettent d'envisager à coup sûr qu'une amélioration de l'utilisabilité du document entraînera une amélioration de son utilité et donc de sa qualité (ou valeur) globale.

Ce cadre permet en outre, dans les recherches expérimentales sur l'utilisation des documents électroniques, de décrire l'activité des sujets en intégrant des variables d'utilisation et des variables d'atteinte du but.

Les conditions d'application du cadre sont contraignantes. Elles supposent notamment une description univoque du but. Si le document est détourné de sa finalité il faut pouvoir décrire ce détournement *a priori*, car l'évaluation ne concernera alors que cette nouvelle finalité (détournée). Dans la mesure du possible il faut pouvoir décrire l'ensemble des états du document électronique conduisant au but .

### 5.5.3 L'acceptabilité, troisième dimension de l'évaluation <sup>10</sup>

Aujourd'hui, des outils, pourtant faciles à utiliser, ne parviennent pas à entrer dans les pratiques scolaires ou de formation professionnelle. Certains enseignants n'ont pas le temps, les compétences ou l'envie de les utiliser, les ordinateurs ne sont ni assez nombreux, ni assez performants, ni correctement disposés (Baron & Levy, 2001 ; Drot-Delange, Tricot & Kuster, 2001). En bref, ces outils, bien qu'utilisables et probablement utiles, ne sont pas acceptés par certains enseignants. Un bon document électronique pour l'apprentissage est donc non seulement utile et utilisable, mais encore acceptable.

---

<sup>10</sup> Ce chapitre doit beaucoup à mes collègues de l'ERT 34 « Hypermédias et apprentissages », Fabienne Plégat-Soutjis, Jean-François Camps, Alban Amiel, Gladys Lutz et Agnès Morcillo.

Je définis l'acceptabilité d'un document électronique pour l'apprentissage comme la valeur de la représentation mentale (attitudes, opinions, etc. plus ou moins positives) à propos du document, de son utilité et de son utilisabilité. Cette représentation mentale peut être individuelle ou collective. La valeur de cette représentation conditionnerait la décision d'utilisation du document électronique pour l'apprentissage. L'acceptabilité peut être sensible à des facteurs très divers comme la culture et les valeurs des utilisateurs, leurs affects, leur motivation, l'organisation sociale et les pratiques dans lesquelles s'insère plus ou moins bien le document électronique.

Les mesures empiriques de l'acceptabilité relèvent de champs très divers. L'acceptabilité ne concerne pas que la représentation du document électronique pour l'apprentissage mais aussi celles de son utilité et de son acceptabilité. Dans une étude récente, nous avons montré que les représentations de l'utilité et de l'utilisabilité d'un document électronique pour l'apprentissage pouvaient être les variables d'acceptabilité les plus prédictives de la décision d'utiliser ou de prescrire l'utilisation de cet document électronique pour l'apprentissage (Amiel et al., 2002).

En résumé,

- l'utilité, l'utilisabilité et l'acceptabilité sont trois dimensions pertinentes et complémentaires dans l'évaluation des documents électroniques pour l'apprentissage ;
- toute relation entre ces trois dimensions est *a priori* possible ;
- toute relation observée entre les trois dimensions est interprétable logiquement selon un degré de précision nécessaire et suffisant à une évaluation d'un document électronique pour l'apprentissage.

Il me semble qu'une approche itérative de l'évaluation au cours du processus de conception et qui s'inscrirait dans le cadre que j propose pourrait prévenir la grande majorité des défauts du document électronique pour l'apprentissage qu'une équipe serait en train de concevoir.

Mon approche nécessite d'être validée expérimentalement, afin de prouver qu'elle permet d'identifier plus de défauts, de diagnostiquer plus d'erreurs que d'autres méthodes et de fournir des pistes d'amélioration plus pertinentes. En l'absence de tels arguments de validation externe et expérimentale je peux seulement indiquer que l'approche que j'ai présentée dans ce dernier chapitre correspond à la pratique de l'ERT « hypermédias et apprentissages ».

## 5.6 Conclusion et perspectives sur la conception et l'évaluation de documents électroniques pour l'apprentissage

Il me semble que j'ai pu proposer et mettre à l'épreuve de la pratique quelques éléments d'une approche ergonomique de la conception de documents électroniques pour l'apprentissage. Mais ce type de travail, où j'essaie de mettre les connaissances issues de la recherche au service du développement d'outils, est très particulier, pour ne pas dire paradoxal. Concevoir et développer, c'est aborder un problème complexe. Les aborder dans une perspective de psychologie ergonomique, c'est essayer de trouver dans les résultats de la recherche en psychologie pour répondre à chacune des questions de conception. Or, comme j'ai tenté de le mettre en évidence, ces questions de conception (a) sont très nombreuses (b) font référence à des champs très divers de la psychologie. Dans le cadre d'un projet de développement, on ne dispose pas du temps nécessaire à la recherche de ces réponses. Ainsi, il me semble que la pratique de la méta-analyse pourrait être développée dans ce domaine. Je n'ai jamais encore pratiqué ce genre de travail, mais il correspond bien à une vision de l'ergonomie comme discipline capable de collecter, d'organiser et de transformer des connaissances pour qu'elles puissent permettre l'amélioration des situations de travail et des outils.

Dans le domaine de l'évaluation, je voudrais surtout développer une procédure statistique pour décider quelle table de contingence « théorique » correspond à une table de contingence « observée », ainsi que pour évaluer la significativité des résultats. Mes tentatives de collaboration avec des statisticiens pour essayer d'élaborer une telle procédure se sont avérées pour l'instant infructueuses. Ce que je cherche est en effet un lien entre les tests d'indépendance classiques et l'analyse implicite, soit une extension du test de  $\chi^2$  aux distributions théoriques contenant un ou plusieurs zéros. Dans un second temps, je voudrai pouvoir étendre mon modèle au traitement de données non-binaires, discrètes ou continues.

## 6 Conclusion

La discussion et mes perspectives de recherche sont déjà présentées dans la partie 4 de ce mémoire ainsi qu'à la fin de la partie 5. Qu'il me soit permis de faire une conclusion plus personnelle.

Apprendre et rechercher de l'information avec des documents électroniques sont deux activités cognitives répandues et mal connues. Je pense avoir contribué, très modestement, à une meilleure connaissance de ces activités et avoir réussi à implémenter ces connaissances dans des projets de conception ou d'évaluation. Les projets de recherche qui vont occuper mes prochaines années sont dans la stricte continuité de ce que j'ai entamé il y a 12 ans en réalisant mon travail de DEA.

Pour diverses raisons, apprendre et rechercher de l'information avec des documents ont été des activités relativement peu étudiées par la psychologie. J'ai donc décidé, sur les conseils de Claude Bastien lors de mon inscription en DEA, de consacrer ma recherche à un domaine peu étudié. Un tel choix est exaltant. Certes, il rend l'accès aux revues de haut niveau en psychologie à peu près impossible. Mais cet inconvénient n'est rien par rapport à l'énergie que procure un problème mal défini, une variable que l'on ne sait pas interpréter. Avec quelques années de recul, il me semble que « recherche » est un mot qui qualifie très bien cette activité.

Travailler dans le domaine des documents électroniques est aussi exaltant car cela m'a permis de vivre « en direct » la révolution des années 1989-95 : l'arrivée massive des cédéroms, des hypertextes, puis du Web. Pourtant, alors que je devais, en 1994-95 aller faire mon stage post-doctoral dans le laboratoire d'Alan Baddeley à Cambridge, les différents organismes français auxquels j'ai demandé une bourse ont pensé que mon thème de recherche n'était pas assez porteur. Baddeley a renouvelé son invitation en 1995-96, sans que cela ne fasse changer d'avis les organismes financeurs.

Paradoxalement, travailler dans un domaine innovant, c'est aussi ouvrir des portes institutionnelles. J'ai pu monter à la demande de Jean Émile Gombert un « axe transversal » sur les NTIC au sein du Centre de Recherche en Psychologie, Cognition et Communication de Rennes. Nous avons, au sein de ce groupe, gagné de gros contrats. À Toulouse, j'ai activement participé au montage de l'équipe de recherche technologique « hypermédiat et apprentissages », dont je suis actuellement le codirecteur. Je coordonne aussi le montage d'une équipe projet multi-laboratoires CNRS impliquant les trois universités toulousaines et l'IUFM. Aurais-je eu de telles opportunités si j'avais travaillé sur un thème plus balisé de la psychologie ? Je pense que non. Ce que je ne sais pas, c'est comment on évalue qu'un thème nouveau est porteur. Comment peut-on conseiller à un étudiant de s'aventurer sur un tel chemin, sans que celui-ci ne se révèle être une impasse ?

## 7 Bibliographie

- Ainsworth, S., O'Malley, C., & Wood, D. (1998). There is more than one way to solve a problem: evaluating a learning environment that supports the development of children's multiplication skills. *Learning & Instruction*, 8(2), 141-157.
- Amadiou, F., Tricot, A., & Mariné, C. (2004). The effects of expertise and guidance on learning: can we distinguish two types of expertise? *AERA symposium on Cognitive Load Theory*, San Diego, CA, 12-16 April.
- Amiel, A., Camps, J.-F., Lutz, G., Plégat-Soutjis, F., & Tricot, A. (2002). *Acceptabilité de Form@lion*. (Rapport d'étude CERFI). Toulouse : IUFM de Midi-Pyrénées.
- Amiel, A., Tricot, A., Morcillo, A., & Jeunier, B. (sous presse). Quelles questions posent les jeunes de 11 à 25 ans sur les métiers et les formations ? *L'Orientation Scolaire et Professionnelle*.
- Anderson, J.R. (1990). *The adaptive character of thought*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Anderson, J.R. (2000). *Learning and memory, an integrated view* (2nd ed.). New York: Wiley.
- Anderson, J.R., & Milson, R. (1989). Human memory: An adaptive perspective. *Psychological Review*, 96, 703-719.
- Antonietti A., & Lantioia M. (2000). To see a painting versus to walk in a painting: An experiment on sense-making through virtual reality. *Computers & Education*, 34, 213-233.
- Anzai, Y., & Simon, H.A. (1979). The theory of learning by doing. *Psychological Review*, 86, 124-140.
- Armbruster, B.B., & Armstrong, J.O. (1993). Locating information in text: A focus on children in the elementary grades. *Contemporary Educational Psychology*, 18, 139-161.
- Atkinson, R., & Shiffrin, R. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. In K. Spence & J. Spence (Eds.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 2, pp. 89-195). New York: Academic Press.
- Azuma, R.T. (2001). Augmented reality: Approaches and technical challenges. In W. Barfield & T. Caudell (Eds.), *Fundamentals of wearable computers and augmented reality* (pp. 27-63). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Baddeley, A. (1986). *Working memory*. Oxford: Clarendon Press.
- Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science*, 255, 556-559.
- Badke-Schaub, P., & Frankenberger, E. (2002). Analysing and modelling cooperative design by the critical situation method. *Le Travail Humain*, 65, 293-314
- Baron, G.-L., & Levy, J.-F. (Eds.), (2001). *Usages éducatifs des technologies de l'information et de la communication : quelles nouvelles compétences pour les enseignants ?* Paris : INRP. Trouvé le 20 décembre 2002 sur <http://www.inrp.fr/Tecne/Savoirplus/Rech40003/>
- Barrett, E. (Ed.), (1989). *The society of text*. Boston, MA: MIT Press.

- Barrouillet, P. (1996). Ressources, capacités cognitives et mémoire de travail: postulats, métaphores et modèles. *Psychologie Française*, 41(4), 319-338.
- Bartlett, F. (1932). *Remembering: A study in experimental and social psychology*. London: Cambridge University Press.
- Bastien, C. (1987). *Schémas et stratégies dans l'activité cognitive de l'enfant*. Paris : PUF.
- Bastien, C. (1997). *Les connaissances, de l'enfant à l'adulte*. Paris : A. Colin.
- Beaufils, A. (2003). Recherche documentaire sur Internet. Utilisation de l'assistant ARI par des élèves de lycée. In C. Desmoulins, P. Marquet & D. Bouhineau (Eds.), *Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain* (pp. 421-428). Paris : ATIEF - INRP.
- Belkin, N.J., & Vickery, A. (1985). *Interaction in information systems: a review of research from document retrieval to knowledge-based systems* (LIR Report No 35). London: The British Library.
- Belkin, N.J., Perez-Carballo, J., Cool, C., Lin, S., Park, S.Y., Rieh, S.Y., Savage, P., & Xie, H. (1998). Rutgers' TREC-6 interactive track experience. In D. Harman (Ed.), *Proceeding of the sixth text retrieval conference* (pp. 597-610). Washington, DC: GPO.
- Bernstein, M. (1993). Enactment in information farming. *Hypertext'93 Proceedings* (pp. 242-249). New York: ACM Press.
- Berry, D.C. (1997). *How implicit is implicit learning?* Oxford: Oxford University Press.
- Bétrancourt, M. (1992). *L'intégration texte-figure : influence de la disposition spatiale relative sur l'apprentissage*. Rapport de Recherche INRIA n°1781
- Bétrancourt, M. (1996). *Facteurs spatiaux et temporels dans le traitement cognitifs des complexes texte-figure*. Thèse non publiée, Institut National Polytechnique, Grenoble.
- Bétrancourt, M., & Tversky, B. (2000). Effect of computer animation on users' performance: A review. *Le Travail Humain*, 63(4), 311-330.
- Bisseret, A., & Enard, C. (1970). Le problème de la structuration de l'apprentissage d'un travail complexe. *Bulletin de Psychologie*, 23(11-12), 632-648.
- Boles, D.B., & Wickens, C.D. (1987). Display formatting in information integration and non integration tasks. *Human Factors*, 29, 395-406.
- Boucheix, J.-M. (sous presse). Ergonomie et formation. Approche d'ergonomie cognitive des apprentissages en formation professionnelle. *Psychologie Française*, 48(2).
- Boy, G.A. (2001). Mémoires externes : hypertexte, traces et agents. *Diogène*, 196, 144-162.
- Briggs, P. (1990). They know what they're doing? An evaluation of word-processor users' implicit and explicit task-relevant knowledge, and its role in self-directed learning. *International Journal of Man-Machine Studies*, 32(4), 385-398.
- Britt, M.A., Perfetti, C.A., Sandak, R., & Rouet, J.-F. (1999). Content integration and source separation in learning from multiple texts. In S.R. Goldman, A.C. Graesser & P. van den Broek (Eds.), *Narrative comprehension, causality, and coherence: Essays in honor of Tom Trabasso* (pp. 209-233). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Bruillard, E. (1997). *Les machines à enseigner*. Paris : Hermès.

- Buckland, M., & Gey, F. (1994). The relationship between recall and precision. *Journal of the American Society for Information Science*, 45(1),12-19.
- Burkhardt, J.-M. (2003). Réalité virtuelle et ergonomie: apport réciproques. *Le Travail Humain*, 66, 65-91
- Bush, V. (1945). As we may think. *Atlantic Monthly*, 176, 641-649. Repris dans J. Nyce & P. Kahn (Eds.), (1991). *From Memex to Hypertext* (pp. 85-110). New York: Academic Press.
- Calisir, F., & Gurel, Z. (2003) Influence of text structure and prior knowledge of the learner on reading comprehension, browsing and perceived control. *Computers in Human Behavior*, 19(2), 135-145
- Caro, S., & Bétrancourt, M (1998). Ergonomie de la présentation des textes sur écran : guide pratique. *Hypertextes et Hypermédiats*, n° hors série , 123-137.
- Casarett, D., Karlawish, J. Sankar, P., Hirschman, K.B., & Asch, D.A. (2001). Obtaining informed consent for clinical pain research: Patients' concerns and information needs. *Pain*, 92(1-2), 71-79
- Chase, V.M. (2000). *Where to look to find out why: Rational information search in causal hypothesis testing*. Unpublished doctoral dissertation, University of Chicago, Chicago.
- Chavez, N.M. (2002). *Individual differences in verbal working memory, visuo-spatial working memory, and metacognition: Learning from text in a hypertext environment*. Unpublished doctoral dissertation, Texas Tech University, Lubbock.
- Chevallard, Y. (1999). L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique. *Recherches en didactique des mathématiques*, 19(2), 221-226.
- Chi, M., Glaser, R., & Rees, E. (1982). Expertise in problem solving. In R. Sternberg (Ed.), *Advances in the psychology of human intelligence* (pp. 7-75). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Cho, M.H. (2001). *The role of prior knowledge, need for information and credibility of information sources in tourists' information search behavior*. Unpublished doctoral dissertation, The Pennsylvania State University.
- Colombi, T., & Baccino, T. (2003). Le rôle de la mise en page et de la structure syntaxique dans la sélection des liens hypertextuels. *Le Travail Humain*, 66(1), 45-64.
- Conklin, J. (1987). Hypertext: A survey and introduction. *IEEE Computer*, 20(9), 17-41.
- Conway, A.R.A., & Engle, R.W. (1994). Working memory and retrieval: A resource-dependent inhibition model. *Journal of Experimental Psychology: General*, 123, 354-373.
- Cunningham, A.E. (1990). Explicit versus implicit instruction in phonemic awareness. *Journal of Experimental Child Psychology*, 50, 429-444.
- Cytryn, K.N. (2003). *Lay reasoning and decision-making related to health and illness*. Unpublished doctoral dissertation, McGill University, Montreal.
- Czaja, S. J., Sharit, J., Ownby, R., Roth, D. L., & Nair, S. (2001). Examining age differences in performance of a complex information search and retrieval task. *Psychology and Aging*, 16(4), 564-579.

- de Keyser, V., & Samurçay, R. (1998). Théorie de l'activité, action, et simulateurs. *Le Travail Humain*, 61(4), 305-312.
- de Montmollin, M. (1974). *L'analyse du travail préalable à la formation*. Paris : PUF.
- de Terssac G., & Maggi B. (1996). Autonomie et conception. In G. de Terssac & E. Friedberg (Eds.), *Coopération et conception* (pp. 243-266). Toulouse : Octarès.
- de Vries E. (2001). Les logiciels d'apprentissage, panoplie ou éventail ? *Revue Française de Pédagogie*, 137, 105-116.
- de Vries, E., & Tricot, A. (1998). Évaluer l'utilisation d'hypermédias : intérêts et limites des variables de performance. *Hypertextes et Hypermédias, n° hors série*, 175-190.
- Dehaene, S., & Changeux, J.-P. (1989). A simple model of prefrontal cortex function in delayed-response tasks. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 1(3), 244-261.
- Denhière, G. (1984). *Il était une fois... Compréhension et souvenir de récits*. Lille : Presses Universitaires de Lille.
- Dennen, V.P., & Branch, R.C. (1995). Considerations for designing instructional virtual environments. *Selected readings from the Annual Conference of the International Visual Literacy Association*, Chicago, October 18-22.
- Dervin, B. (1999). On studying information seeking methodologically: The implications of connecting metatheory to method. *Information Processing and Management*, 35, 727-750.
- Dillon A. (1991) Readers' models of text structures. *International Journal of Man-Machine Studies*, 35, 913-925.
- Dillon, A. (1994). *Designing usable electronic text: Ergonomic aspects of human information usage*. London: Taylor and Francis
- Dillon, A. (1996). Myths, misconceptions and an alternative perspective on information usage and the electronic medium. In J.-F. Rouet; J. Levonen, A. Dillon & R.J. Spiro (Eds.), *Hypertext and cognition* (pp. 25-42). Mahwah NJ: Erlbaum.
- Dillon, A. & Morris, M. (1996) User acceptance of new information technology - theories and models. In M. Williams (Ed.), *Annual Review of Information Science and Technology* (Vol 31. pp. 3-32). Medford, NJ: Information Today.
- Dillon, A., & Gabbard, R. (1998). Hypermedia as an educational technology: a review of the empirical literature on learner comprehension, control and style. *Review of Educational Research*, 68(3), 322-349.
- Dochy, F., Segers, M., Van den Bossche, P., & Gijbels, D. (2003). Effects of problem-based learning: A meta-analysis. *Learning & Instruction*, 13(5), 533-568.
- Dreher M.J. (1992). Searching for information in textbooks. *Journal of Reading*, 35, 364-371.
- Drot-Delange, B., Kuster, Y., & Tricot, A. (2001). *Usages éducatifs des TIC : quelles compétences pour les enseignants* (Rapport final, équipe associée INRP). Rennes : IUFM de Bretagne.
- Eason, K.D. (1984). Towards the experimental study of usability. *Behavior & Information Technology*, 3(2), 133-143.

- Edelman, G.M. (1987). *Neural darwinism: The theory of neuronal group selection*. New York: Basic Books.
- Elshout-Mohr, M., Van Hout-Wolters, B. & Broekkamp, H. (1999). Mapping situations in classroom and research : Eight types of instructional-learning episodes. *Learning & Instruction*, 9(1), 57-76.
- Engelbart, D. (1962). *Augmenting human intellect: A conceptual framework* (Report to the Director of Information Sciences, Air Force Office of Scientific Research), Menlo Park, SRI International.
- Ericsson, K.A., & Kintsch, W. (1995). Long term working memory. *Psychological Review*, 102, 211-245.
- Flanagin, A.J., & Metzger, M.J. (2001). Internet use in the contemporary media environment. *Human Communication Research*, 27, 153-181
- Foltz, P.W. (1996). Comprehension, coherence and strategies in hypertext and linear text. In J.-F. Rouet, J. Levonen, A. Dillon & R.J. Spiro (Eds.), *Hypertext and cognition* (pp. 109-136). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Foss, C. (1988). Effective browsing in hypertext systems. *Proceedings RIAO'88 Conference, User oriented context-based text and image handling*, Cambridge, MA, 82-98.
- Foucault, B., Metzger, J.-L., & Vaylet, A. (2002). Les réseaux d'entraide entre apprenants dans la e-formation : nécessité et efficacité ? *Éducation Permanente*, 152, 95-105.
- Ganier, F, Gombert, J.E., & Fayol, M. (2000). Effet du format de présentation des instructions sur l'apprentissage des procédures à l'aide de documents techniques. *Le Travail Humain*, 63(2), 121-152
- Gasen, J.B., & Preece, J. (1996). What shapes the face of human-computer interaction in higher education? A framework of the influences. *Journal of Computing in Higher Education*, 8(1), 97-123.
- Gati, I., Noa Saka, N., & Krausz, M. (2001). 'Should I use a computer-assisted career guidance system?' It depends on where your career decision-making difficulties lie. *British Journal of Guidance and Counselling*, 29(3), 301-321.
- Gick, M.L., & Holyoak, K.J. (1980). Analogical problem solving. *Cognitive Psychology*, 12, 306-355.
- Gick, M.L., & Holyoak, K.J. (1983). Schema induction and analogical transfer. *Cognitive Psychology*, 15, 1-38.
- Gombert, J.E., Colé, P., Valdois, S., Goigoux, R., Mousty, P., & Fayol, M. (2000). *Enseigner la lecture au cycle 2*. Paris : Nathan.
- Gray S.H. (1990). Using protocol analyses and drawing to study mental model construction during hypertext navigation. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 2(4), 359-377,.
- Grice, R.A. (1989). Online information : What do people want? What do people need? In E. Barrett (Ed.), (1989). *The society of text* (pp. 22-44). Boston, MA : MIT Press.
- Grudin, J. (1992). Utility and usability: research issues and development contexts. *Interacting with Computers*, 4(2), 209-217.

- Guthrie, J.T. (1988). Locating information in documents : examination of a cognitive model. *Reading Research Quarterly*, 23, 178-199.
- Guthrie, J.T., & Mosenthal, P. (1987). Literacy as multidimensional : locating information and reading comprehension. *Educational Psychologist*, 22, 279-297.
- Hakkarainen, K., Lipponen, L., Järvelä, S., & Niemivirta, M. (1999). The interaction of motivational orientation and knowledge-seeking inquiry in computer-supported collaborative learning. *Journal of Educational Computing Research*, 21, 263-281.
- Hannon, B., & Daneman, M. (2001). New tool for measuring and understanding individual differences in the component processes of reading comprehension. *Journal of Educational Psychology*, 93, 103-128.
- Harris, R., & Dewdney, P. (1994). *Barriers to information: How formal help systems fail battered women* (pp. 1-34). Westport, CT: Greenwood Press.
- Henri, J., & Hay, L. (1994). Beyond the bibliographic paradigm: User education in the information age. *60th IFLA General Conference Proceedings*, August 21-27. Trouvé le 15 Novembre 2002 sur <http://www.ifla.org/IV/ifla60/60-henj.htm>
- Hertzum, M., Andersen, H., Andersen, V., & Hansen, C. (2002). Trust in information sources: seek-ing information from people, documents, and virtual agents. *Interacting with Computers*, 14, 575-599
- Hoc, J.-M. (1987). *Psychologie cognitive de la planification*. Grenoble : PUG.
- Hofman, R., & Van Oostendorp, H. (1999). Cognitive effects of a structural overview in a hypertext. *British Journal of Educational Technology*, 30(2), 129-141.
- Horton, W.K. (2000). *Designing web based training*. New York: Wiley.
- Houdé, O., & Guichart, E. (2001). Negative priming effect after inhibition of number/length interference in a Piagetlike task. *Developmental Science* 4(1), 119-123.
- Hypertext'87 Proceedings*, Chapel Hill. New York: ACM Press.
- Jacobson, M.J., & Archodidou, A. (2000). The design of hypermedia tools for learning: Fostering conceptual change and transfer of complex scientific knowledge. *The Journal of the Learning Sciences*, 9(2), 149-199.
- Jacobson, M.J., & Spiro, R J. (1995). Hypertext learning environments, cognitive flexibility, and the transfer of complex knowledge: an empirical investigation. *Journal of Educational Computing Research*, 12(4), 301-333.
- Jacobson, M.J., Maouri, C., Mishra, P., & Kolar, C. (1996). Learning with hypertext learning environments: Theory, design, and research. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 5(3/4), 239-281.
- Jacobson, M.J., Sugimoto, A., & Archodidou, A. (1996). Evolution, hypermedia learning environments, and conceptual change: A preliminary report. In D.C. Edelson & E.A. Domeshek (Eds.), *Proceedings of International Conference on the Learning Sciences* (pp. 151-158). Charlottesville: Association for the Advancement of Computing in Education.
- Johnson-Laird, P.N. (1983). *Mental models: Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness*. Cambridge, MA: Harvard University Press

- Jonas, E., Schulz-Hardt, S., Frey, D., & Thelen, N. (2001). Confirmation bias in sequential information search after preliminary decisions: An expansion of dissonance theoretical research on selective exposure to information. *Journal of Personality and Social Psychology*, 80, 557-571.
- Joo, S., & Grable, J. E. (2001). Factors associated with seeking and using professional retirement-planning help. *Family and Consumer Sciences Research Journal*, 30, 37-63.
- Julien, H. (1999). Barriers to adolescents' information seeking for career decision making. *Journal of the American Society for Information Science*, 50(1), 38-48.
- Kalyuga, S., Ayres, P., Chandler, P., & Sweller, J. (2003). The expertise reversal effect. *Educational Psychologist*, 38(1), 23-31.
- Ketola P., & Røykkee M. (2001). The three facets of usability in mobile handsets Nokia. *CHI 2001*, Seattle, 31 March-5 April.
- Kim, C.S. (2002). *Predicting information searching performance with measures of cognitive diversity*. Unpublished doctoral dissertation, University of Wisconsin, Madison.
- Klein, S.B., Cosmides, L., Tooby, J., & Chance, S. (2002). Decisions and the Evolution of Memory: multiple systems, multiple functions. *Psychological Review*, 109, 306-329.
- Koenemann, J., & Belkin, N.J. (1996) A case for interaction: A study of interactive information retrieval behavior and effectiveness. *Proceedings of CHI 1996* (pp. 205-212). New York: ACM Press.
- Kumbruck, C. (1998). Hypertext reading: Novice vs. expert reading. *Journal of Research in Reading*, 21(2), 160-172
- Lau, R.R., & Redlawsk, D.P. (2001). Advantages and disadvantages of cognitive heuristics in political decision making. *American Journal of Political Science* 45, 951-971
- Laurillard, D., Stratfold, M., Luckin R., Plowman, L., & Taylor, J. (2000) Affordances for learning in a non-linear narrative medium. *Journal of Interactive Media in Education*, 2000(2). Trouvé le 10 octobre 2001 sur <http://www-jime.open.ac.uk/00/2/>.
- Lazonder, A.W., Biemans, H.J.A., & Wopereis, I.G. (2000). Differences between novice and experienced users in searching information on the World Wide Web. *Journal of the American Society for Information Science*, 51(6), 576-581.
- Le Coadic, Y.F. (1997). *Usages et usagers de l'information*. Paris : Nathan,.
- Lemercier, C., Quaireau, C. & Terrier, P. (sous presse). Effet de la couleur sur la récupération d'informations dans un menu hiérarchique complexe. *Psychologie Française*, 48 (2).
- Lemercier, C., Tricot, A., Chênerie, I., Marty Dessus, D., Morancho, F., & Sokoloff, J. (2002). Effects of an integrated aid to comprehension in a multimedia document on the acquisition of literal and conceptual knowledge during a course on electricity. *EARLI 2002 Workshop, Multimedia Comprehension*, Poitiers, 30 Août - 1er septembre
- Lohr, L.L. (2000). Designing the instructional interface. *Computers in Human Behavior*, 16(2), 161-182.
- Lowe R. (2003). Animation and learning: selective processing of information in dynamic graphics. *Learning & Instruction*, 13(2), 157-176.

- Marchionini, G. (1995). *Information seeking in electronic environments*. New York: Cambridge University Press.
- Mayer, R. (2001). *Multimedia learning*. New York: Cambridge University Press.
- Mayer, R., & Anderson, R. (1991). Animations need narrations: An experimental test of a dual-coding hypothesis. *Journal of Educational Psychology*, 83, 484-490.
- Mayer, R., & Moreno, R. (1998). A split-attention effect in multimedia learning: Evidence for dual-processing systems in working memory. *Journal of Educational Psychology*, 90(2), 312 - 320.
- McDaniel, A.K. (2000). *The relationship between self esteem and information seeking during a first date*. Unpublished doctoral dissertation, University of Texas, Austin.
- McDonald, S., & Stevenson, R.J. (1998). Effects of text structure and prior knowledge of the learner on navigation in hypertext. *Human Factors*, 40(1), 18-27.
- McNamara, D.S., & Kintsch, W. (1996). Learning from texts : Effects of prior knowledge and text coherence. *Discourse Processes*, 22, 247-288.
- McNamara, D.S., Kintsch, E., Songer, N.B., & Kintsch, W. (1996). Are good texts always better? Text coherence, background knowledge, and levels of understanding in learning from text. *Cognition and Instruction*, 14, 1-43.
- Menon, A.M., Deshpande, A.D., Perri, M., & Zinkhan, G.M. (2002) Trust in on-line prescription drug information among internet users: The impact on information search behavior after exposure to DTC advertising. *Health Marketing Quarterly*, 20(1),17-35.
- Mesters, I., Van den Borne, B., De Boer, M., & Pruyn, J. (2001). Measuring information needs among cancer patients. *Patient Education and Counseling*, 43(3), 255-264
- Millar, R., & Shevlin, M. (2003). Predicting career information-seeking behavior of school pupils using the theory of planned behavior. *Journal of Vocational Behavior*, 62(1), 26-42
- Miller, G.A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63, 81-97.
- Mizzaro, S. (1998). Relevance: The whole history. In T. Bellardo Hahn & M. Buckland (Eds.), *Historical studies in information science* (pp. 221-244). Silver Spring, ML: ASIS.
- Molinari, G. (2002). *Représentation et acquisition de connaissances spécifiques à un domaine scientifique à partir de textes et d'illustrations: effet de la structure du domaine, des connaissances des lecteurs, des caractéristiques du texte et de ses illustrations*. Thèse non publiée, Université Lumière, Lyon.
- Moreno, R., & Mayer, R. (1999). Cognitive principles of multimedia learning: The role of modality and contiguity. *Journal of Educational Psychology*, 91, 358-368.
- Morrison, E.W., & Vancouver, J.B. (2000). Within-person analysis of information seeking: The effects of perceived costs and benefits. *Journal of Management*, 26, 119-137
- Moulthrop, S. (1989). Hypertext and the hyperreal. *Hypertext'89 Proceedings* (pp. 259-267). New York: ACM Press.

- Muha, C., Smith, K.S. Baum, S., Maat, J., & Ward, J.A. (1998). The use and selection of sources in information seeking: The Cancer Information Service experience. Part 8. *Journal of Health Communication, 3*, 109-120
- Myers, S.A., & Knox, R.L. (2001). The relationship between college student information-seeking behaviors and perceived instructor verbal behaviors. *Communication Education, 50*(4), 343-356
- Myles-Worsley, M., Johnston, W. A., & Simons, M. A. (1988). The influence of expertise on X-Ray image processing. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory and Cognition, 14*, 553-557.
- Nelson, T.H. (1972). As we will think. *Online 72 Conference Proceedings* (pp. 439-454). Uxbridge : Online Computer Systems Ltd.
- Nelson, T.O., & Narens, L. (1990). Metamemory: A theoretical framework and new findings. In G. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 26, pp. 125-141). New York: Academic Press.
- Niederhauser, D.S., Reynolds, R.E., Salmen, D.J., & Skolmoski, P. (2000). The influence of cognitive load on learning from hypertext. *Journal of Educational Computing Research, 23*(3), 237-255
- Nielsen, J. (1993). *Usability engineering*. Boston: Academic Press.
- Nielsen, J. (1999). *Voodoo usability*. Jakob Nielsen's Alterbox. Placé le 12 Décembre 1999 sur <http://www.useit.com>
- Nielsen, J. (2000). *Designing web usability: the practice of simplicity*. Indianapolis: New Riders.
- O'Malley, C. (1992). Designing computer systems to support peer learning. *European Journal of Psychology of Education, 7*( 4), 339-352.
- Ogborn, J. (1993). Approches théorique et empirique de la causalité. *Didaskalia, 1*, 29-48.
- Olive, T., & Piolat, A. (2003) La mémoire de travail dans la production de textes. *Congrès National 2003 de la Société Française de Psychologie*, Poitiers, 24-26 Septembre.
- Paivio, A. (1986). *Mental representations*. New York: Oxford University Press.
- Paquette G. (2002). L'ingénierie cognitive du télé-apprentissage. In A. Taurisson & A. Senteni (Eds.), *L'apprentissage collaboration*. Sainte-Foy : Presses de l'Université du Québec. Trouvé le 28 Août 2003 sur [http://www.liceftelug.quebec.ca/gp/fr/publications/ingenierie\\_pedagogique.htm](http://www.liceftelug.quebec.ca/gp/fr/publications/ingenierie_pedagogique.htm)
- Perfect, T.J., Moulin, C.J.A., Conway, M.A., & Perry, E. (2002). Assessing the inhibitory account of retrieval induced forgetting with implicit memory tests. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition, 28*, 1111-1119.
- Perfetti, C.A., Beck, I., Bell, L.C., & Hughes, C. (1987). Phonemic knowledge and learning to read are reciprocal: A longitudinal study on first-grade children. *Merill-Palmer Quaterly, 33*, 283-319.
- Perfetti, C.A., Rouet, J.-F., & Britt, M.A. (1999). Towards a theory of documents representation. in H. van Oostendorp & S.R. Goldman (Eds.), *The construction of mental representations during reading* (pp. 99-122). Mahwah, NJ: Erlbaum.

- Perruchet, P., & Nicolas, S. (1998). L'apprentissage implicite : un débat théorique. *Psychologie Française*, 43, 13-25.
- Piaget, J. (1924). *Le jugement et le raisonnement chez l'enfant*. Neuchâtel : Delachaux et Niestlé
- Pierce, K.A., Duncan, M. K., Gholsn, B., Ray, G.E., & Kambi, A. G. (1993). Cognitive load, schema acquisition, and procedural adaptation in nonisomorphic analogical transfer. *Journal of Educational Psychology*, 85, 66-74.
- Pirolli, P., & Card, S. (1999). Information foraging. *Psychological Review*, 106(4), 643-675.
- Pollock, E., Chandler, P., & Sweller, J. (2002). Assimilating complex information. *Learning and Instruction*, 12, 61-86.
- Potelle, H., & Rouet, J.-F. (2003). Effects of content representation and readers' prior knowledge on the comprehension of hypertext. *International Journal of Human Computer-Studies*, 58(3), 327-345.
- Proctor, T.Y. (2001). *The effects of time pressure and accountability on hypothesis generation and information search strategies: An experimental study of internal revenue agents*. Unpublished doctoral dissertation, University of Memphis, Memphis.
- Reinwein, J. (1998). *L'illustration et le texte - revue analytique des recherches expérimentales*. Diffusion restreinte, 799 pages. Placé en octobre 1999 sur <http://www.unites.uqam.ca/lireimage>.
- Renkl, A. (1997). Learning from worked-out examples: A study on individual differences. *Cognitive Science*, 21, 1-29.
- Renkl, A., Atkinson, R.K., & Maier, U.H. (2000). From studying examples to solving problems: Fading worked-out solution steps helps learning. In L. Gleitman & A.K. Joshi (Eds.), *Proceeding of the 22nd Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 393-398). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Renkl, A., Atkinson, R., Maier, U., & Staley, R. (sous presse). From example study to problem solving: Smooth transitions help learning. *Journal of Experimental Education*.
- Reyna, V.F. (1996). Meaning, memory and the interpretation of metaphors. In J. Mio & A. Katz (Eds.), *Metaphor: Implications and applications* (pp. 39-57). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Reynolds, P.L., & Symons, S. (2001). Motivational variables and children's text search. *Journal of Educational Psychology*, 93(1), 14-22
- Rogalski, J. (2001). Y a-t-il un pilote dans la classe? Apport des concepts et méthodes de psychologie ergonomique pour l'analyse de l'activité de l'enseignant. In T. Assude & B. Grugeon (Eds.), *Actes du séminaire national de didactique des mathématiques 2000* (pp. 143-164). Paris : ADIREM - IREM - Université Paris 7.
- Rouet, J.-F. (1990). Interactive text processing in inexperienced (hyper-) readers. In A. Rizk, N. Streitz & J. André (Eds.), *Hypertext: concepts, systems and applications* (pp. 250- 260). Cambridge : Cambridge University Press.
- Rouet, J.-F. (2000). *Les activités documentaires complexes. Aspects cognitifs et développementaux*. Mémoire pour l'habilitation à diriger des recherches. Université de Poitiers.

- Rouet, J.-F., & Tricot, A. (1995). Recherche d'informations dans les systèmes hypertextes : des représentations de la tâche à un modèle de l'activité cognitive. *Sciences et Techniques Éducatives*, 2(3), 307-331.
- Rouet, J.-F., & Tricot, A. (1996). Task and activity models in hypertext usage. In H. van Oostendorp & S. de Mul (Eds.), *Cognitive aspects of electronic text processing* (Advances in Discourse Processes, vol. 58, pp. 239-264). Norwood, NJ: Ablex Publishing.
- Rouet, J.-F., & Tricot, A. (1998). Chercher de l'information dans un hypertexte : vers un modèle des processus cognitifs. *Hypertextes et Hypermédias, n° hors série*, 57-74.
- Rouet, J.-F., Britt, M.A., Mason, R.A., & Perfetti, C.A. (1996). Using multiple sources of evidence to reason about history. *Journal of Educational Psychology*, 88(3), 478-493.
- Rouet, J.-F., Favart, M., Britt, M.A., & Perfetti, C.A. (1997). Representation and use of multiple documents by novice and expert history students. *Cognition and Instruction*, 15(1), 95-106.
- Rouet, J.-F., Vidal-Abarca, E., Bert-Erboul, A., & Millogo, V.E. (2001). Effects of information search tasks on the comprehension of instructional text. *Discourse Processes*, 31(2), 163-186
- Rufino, A. (1985). Pédagogie et auto documentation : étude de l'interaction cognitive élève - document. *L'Orientation Scolaire et Professionnelle*, 14(2), 145-166.
- Rufino, A., & Tricot, A. (1994). Les représentations professionnelles des collégiens et des lycéens. Étude préparatoire à la mise au point d'un logiciel d'auto-documentation assisté par ordinateur. *L'Orientation Scolaire et Professionnelle*, 23(2), 215-231.
- Rufino, A., & Tricot, A. (1995). Présentation psychopédagogique du CD Rom d'auto-documentation CD Itinéraire. *L'Orientation Scolaire et Professionnelle*, 24(4), 463-480.
- Sahakyan, L. & Kelley, C.M. (2002). A contextual change account of the directed forgetting effect. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 28(6), 1064-1072
- Samurçay, R., & Rogalski, J. (1998). Exploitation didactique des situations de simulation. *Le Travail Humain*, 61(4), 333-359.
- Sander, E., & Richard, J.-F. (1997). Analogical transfer as guided by an abstraction process: The case of learning by doing in text editing. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 23, 1459-1483.
- Schacter, D.L. (1999). *A la recherche de la mémoire. Le passé, l'esprit et le cerveau*. Bruxelles : DeBoeck.
- Schanck, R.C. (2002). *Designing world class e-learning*. New York: McGraw-Hill.
- Schnotz, W. (1993). On the relation between dual coding and mental models in graphics comprehension. *Learning & Instruction*, 3, 247-249.
- Schnotz, W. (2001). Sign systems, technologies, and the acquisition of knowledge. In J.-F. Rouet, J. Levonen & A. Biarreau (Eds.), *Multimedia learning. Cognitive and instructional issues* (pp. 9-29). Amsterdam: Elsevier.
- Schnotz, W., & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. *Learning & instruction*, 13, 141-156.

- Schnotz, W., & Lowe, R. (2003). External and internal representations in multimedia learning. *Learning & Instruction, 13*, 117-123.
- Searle, J. (2001). *Rationality in action*. Cambridge: MIT Press.
- Sensevy, G. (2001). Modèles de l'action de l'enseignant. Nécessité, difficultés. In A. Mercier, G. Lemoyne & A. Rouchier (Eds), *Le génie didactique*. Bruxelles : De Boeck.
- Seufert, T. (2002). Supporting coherence formation in learning from multiple representations. *Learning & Instruction, 13*, 227-237
- Shapiro, A.M. (1999). The relationship between prior knowledge and interactive overviews during hypermedia-aided learning. *Journal of Educational Computing Research, 20*(2), 143-163.
- Shapiro, A.M. (2000). The effect of interactive overviews on the development of conceptual structure in novices learning from hypermedia. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia, 9*(1), 57-78.
- Shichtman, D.C. (1998). *Modes of understanding: A study of perception and action*. Unpublished doctoral dissertation, Rensselaer Polytechnic Institute, Troy.
- Shin, E.C., Schallert D.L., & Savenye, W.C. (1994). Effects of learner control, advisement, and prior knowledge on young students' learning in a hypertext environment. *Educational Technology Research & Development, 42*(1), 33-46.
- Simon H.A. (1973). The structure of ill-structured problems. *Artificial Intelligence, 4*, 181-201.
- Singh, S., Gedeon, T.D., & Rho, Y. (1998) Enhancing comprehension of web information for users with special linguistic needs. *Journal of Communication, 48*(2), 86-108
- Smith, G.E., Venkatraman, M.P., & Dholakia, R.R. (1999). Diagnosing the search cost effect: Waiting time and the moderating impact of prior category knowledge. *Journal of Economic Psychology, 20*(3), 285-314
- Sperber, D. (1994). *La contagion des idées*. Paris : Odile Jacob.
- Sperber, D., & Wilson, D. (1989). *La pertinence. Communication et cognition*. Paris : Minuit.
- Squires, D., & Preece, J. (1996). Usability and learning: evaluating the potential of educational software. *Computers & Education, 27*(1), 15-22.
- Stadler, M.A., & Frensch, P.A. (Eds.), (1998). *Handbook of implicit learning*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Stimson, M.J. (1998). *Learning from hypertext depends on metacognitions*. Unpublished doctoral dissertation, University of Georgia, Athens.
- Streitz, N.A., Hannemann, J., & Thüring, M. (1989). From ideas and arguments to hyperdocuments : travelling through activity spaces. *Hypertext'89 Proceedings* (pp. 343-364). New York: ACM Press.
- Sullivan, T. (1997). The usable Web. *All Things Web*. Trouvé le 24 mai 1999 sur <http://www.pantos.org/atw/usable.html>
- Sutcliffe, A. & Ennis, M. (1998). Towards a cognitive theory of information retrieval. *Interacting with Computers, 10*(3), 321-351

- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12, 257-285.
- Sweller, J. (1999). *Instructional design in technical areas*. Melbourne: ACER Press.
- Sweller, J. (2003). Evolution of human cognitive architecture. In B.H. Ross (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (vol. 43, pp. 215-266). New York: Academic Press.
- Sweller, J. (sous presse). Instructional design consequences of an analogy between evolution by natural selection and human cognitive architecture. *Instructional Science*
- Sweller, J., & Chandler, P. (1994). Why some material is difficult to learn. *Cognition & Instruction*, 12, 185-233.
- Tabbers, H.K. (2002). *The modality of text in multimedia instructions: Refining the design guidelines*. Unpublished doctoral dissertation, Open University of the Netherlands, Heerlen.
- Tapiero, I. (1991). Acquisition et transfert de connaissances à l'aide de textes : influence des connaissances initiales. *Psychologie Française*, 36(2), 177-186.
- Tipper, S.P., Grison, S., & Kessler, K. (2003). Long-term inhibition of return of attention. *Psychological Science*, 14(1), 19-25
- Tricot, A. (1993). Ergonomie cognitive des systèmes hypermédia. *Actes du Colloque de prospective Recherches pour l'Ergonomie*, CNRS PIR Cognisciences, Toulouse, 18-19 Novembre (pp. 115-122).
- Tricot, A. (1998). Charge cognitive et apprentissage. Une présentation des travaux de John Sweller. *Revue de Psychologie de l'Éducation*, 3, 37-64.
- Tricot, A. (2002). *Improving occupational information*. Paper prepared for an OECD review of policies for information, guidance and counselling services. OECD.
- Tricot, A. (2003). IHM, cognition et environnements d'apprentissage. In G. Boy (Ed.), *L'ingénierie cognitive : IHM et cognition* (pp. 411-447). Paris : Hermès Science.
- Tricot, A., & Chanquoy, L. (1996). La charge mentale, vertu dormitive ou concept opérationnel? Introduction. *Psychologie Française*, 41(4), 313-318.
- Tricot, A., & Golanski, C. (2002). Vers une description des tâches de recherche d'information au service de la conception d'objets communicants ou de services. In C. Kintzig, G. Poulain, G. Privat & P.N. Favennec (Eds.), *Objets communicants* (pp. 175-291). Paris : Hermès Science.
- Tricot, A., & Lafontaine, J. (2002). Une méthode pour évaluer ensemble l'utilisation un outil multimédia et l'apprentissage réalisé avec celui-ci. *Le Français dans le Monde, numéro spécial, Janvier*, 41-52.
- Tricot, A., & Nanard, J. (1998). Un point sur la modélisation des tâches de recherche d'informations dans le domaine des hypermédiat. *Hypertextes et Hypermédiat, n° hors série*, 35-56.
- Tricot, A., & Plégat-Soutjis, F. (soumis). Pour une approche ergonomique de la conception d'un dispositif de formation à distance utilisant les TIC. *Sciences et Technologies de l'Information pour l'Éducation et la Formation*.

- Tricot, A., & Rufino, A. (1996). La recherche d'information dans un système d'auto-documentation informatisé. *L'Orientation Scolaire et Professionnelle*, 25(4), 557-587.
- Tricot, A., & Rufino, A. (1999). Modalités et scénarios d'interaction dans des hypermédias d'apprentissage. *Revue des Sciences de l'Éducation, numéro thématique*, 25(1), 105-129.
- Tricot, A., & Tricot, M. (2000). Un cadre formel pour interpréter les liens entre utilisabilité et utilité des systèmes d'information (et généralisation à l'évaluation d'objets finalisés). *Actes du Colloque Ergo-IHM 2000*, Biarritz (pp. 195-202).
- Tricot, A., Drot-Delange, B., Foucault, B. & El Boussarghini, R. (2000). Quels savoir-faire les utilisateurs réguliers du Web acquièrent-ils ? *Journal d'Intelligence Artificielle*, 14(1/2), 93-112
- Tricot, A., Pierre-Demarcy, C., & El Boussarghini, R. (1998). Un panorama des recherches consacrées à l'étude de l'activité mentale de l'utilisateur d'un hypermédia. *Sciences et techniques Educatives*, 5(4), 371-400.
- Tricot, A., Pierre-Demarcy, C., & El Boussarghini, R. (2000). Specific help devices for educational hypermedia. *Journal of Computer Assisted Learning*, 16, 102-113.
- Tricot, A., Plégat-Soutjjs, F., Camps, J.-F., Amiel, A., Lutz, G., & Morcillo, A. (2003). Utilité, utilisabilité, acceptabilité : interpréter les relations entre trois dimensions de l'évaluation des EIAH. In C. Desmoulin, P. Marquet & D. Bouhineau (Eds). *Environnements informatiques pour l'apprentissage humain* (pp. 391-402). Paris : ATIEF - INRP.
- Tricot, A., Puigserver, E., Berdugo, D., & Diallo, M. (1999). The validity of rational criteria for the interpretation of user-hypertext interaction. *Interacting with Computers*, 12, 23-36.
- Tuovinen, J., & Sweller, J. (1999). A comparison of cognitive load associated with discovery learning and worked examples. *Journal of Educational Psychology*, 91, 334-341.
- Van der Meij, H. (1990). Question asking: To know that you do not know is not enough. *Journal of Educational Psychology*, 82(3), 505-512
- Vion, M. (1993). *Analyse de l'apprentissage médié « sur le tas »*. Le cas du travail de guichet à l'hôpital. Thèse non publiée, Université de Paris 13, Paris.
- Wagemann, L., & Percier, M. (1994). *Contribution à l'étude de la formation à la gestion de processus continu : le cas sur simulateur machine des élèves officiers de la marine marchande. Activités des opérateurs et situations de formation*. Thèse non publiée, EPHE, Paris.
- Wenger, M.J., & Payne, D.G. (1996). Comprehension and retention of nonlinear text: Considerations of working memory and material-appropriate processing. *American Journal of Psychology*, 109(1), 93-130
- Westerman, S.J., Cribbin, T., & Wilson, R. (2001). Virtual information space navigation: Evaluating the use of head tracking. *Behaviour & Information Technology*, 20(6), 419-426
- Wickens, C.D. (1987). Attention. In P. Hancock (Ed.), *Human factors in psychology* (pp. 28-80). Amsterdam : North Holland.

- Wickens, C.D., & Andre, A.D. (1990). Proximity compatibility and information display: Effects of color, space, and objectness on information integration. *Human Factors*, 32, 61-77.
- Wilhelm, P., & Beishuizen, J.J. (2003). Content effects in self-directed inductive learning. *Learning & Instruction*, 13(4), 381-402.
- Wineburg, S. (1991). Historical problem solving: A study of the cognitive processes used in the evaluation of documentary and pictorial evidence. *Journal of Educational Psychology*, 83, 73-87.
- Wineburg, S. (1994). The cognitive representation of historical texts. In G. Leinhardt, I. Beck, & C. Stainton, (Eds.), *Teaching and learning in history* (pp. 85-135). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Wood, R. E., George-Falvy, J., & Debowksi, S. (2001). Motivation and information search on complex tasks. In M. Erez, U. Kleinbeck & H. Thierry (Eds), *Work motivation in the context of a globalizing economy* (pp. 27-49). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Wright, P. (1990). Hypertext as an interface for learners : some human factors issues. In D.H. Jonassen & H. Mandl (Eds.), *Designing hypermedia for learning* (pp. 169-184). Berlin: Springer Verlag.
- Yeaman, A.R.J. (1989). Resources for improving computerized learning environments. *TechTrends*, 34(6), 30-33.

## 8 Index des auteurs

- Ainsworth, 16  
Amadiou, 34  
Amiel, 101  
Amiel, 107  
Amiel, 91  
Andersen, 53  
Anderson J.R., 10, 11, 19, 26, 76  
Anderson R., 70  
Andre, 30  
Antonietti, 70  
Anzai, 20, 36  
Archodidou, 34  
Armbruster, 51, 52, 72  
Armstrong, 51, 52, 72  
Atkinson, 24, 32  
Ayres, 20  
Azuma, 71  
Baccino, 79  
Baddeley, 22, 24, 29  
Badke-Schaub, 89  
Bannert, 59  
Baron, 106  
Barouillet, 25  
Barrett, 13  
Bartlett, 24  
Bastien, 10, 11  
Beaufils, 95  
Beck, 40  
Beishuizen, 21  
Belkin, 44, 65, 67, 70  
Bell, 40  
Bernstein, 66, 87  
Berry, 40  
Bert-Erboul, 63  
Bétrancourt, 22, 58, 86, 94  
Bisseret, 15, 87  
Boles, 30  
Boucheix, 15, 17, 86  
Boy, 6  
Branch, 88  
Briggs, 34  
Britt, 60, 63, 69  
Broekkamp, 18  
Bruillard, 17  
Buckland, 54  
Burkhardt, 70  
Bush, 14  
Calisir, 68  
Camps, 91  
Card, 44, 45, 64, 67, 76, 77, 80  
Caro, 94  
Casarett, 45  
Chance, 10  
Chandler, 20, 31, 39  
Changeux, 10  
Chanquoy, 22, 25  
Chase, 45  
Chavez, 68  
Chevallard, 16  
Chi, 24  
Cho, 47, 53  
Colombi, 79  
Conklin, 57  
Conway, 10  
Cosmides, 10  
Cribbin, 71  
Cunningham, 40  
Cytryn, 52  
Czaja, 65  
Daneman, 35  
De Boer, 45, 46  
de Keyser, 16  
de Montmollin, 15  
de Terssac, 89  
de Vries, 17, 18, 86, 102  
Debowski, 65  
Dehaene, 10  
Denhière, 58  
Dennen, 88  
Dervin, 50  
Deshpande, 45  
Dewdney, 47  
Dholakia, 77  
Dillon, 17, 69, 75, 93, 104  
Dochy, 93  
Dreher, 72  
Drot-Delange, 53, 106  
Duncan, 38  
Eason, 71  
Edelman, 10  
El Boussarghini, 19, 53, 93

Elshout-Mohr, 18, 19	Gurel, 68	Koenemann, 44, 70
Enard, 15	Guthrie, 72	Kolar, 34
Engelbart, 14	Hakkarainen, 45	Krauz, 46
Engle, 10	Hanneman, 13	Kumbruck, 69
Ennis, 73	Hannon, 35	Kuster, 106
Ericsson, 23, 24, 75	Hansen, 53	Lafontaine, 47
Favart, 63	Harris, 47	Lantoia, 70
Fayol, 58	Hay, 56	Lau, 45
Flanagin, 45	Henri, 56	Laurillard, 16
Foltz, 35	Hertzum, 53	Lazonder, 71
Foss, 75	Hoc, 56	Le Coadic, 104
Foucault, 53, 89	Hofman, 31	Lemercier, 32, 69
Frankenberger, 89	Holyoak, 24	Levy, 106
Frensch, 40	Horton, 88, 91	Lipponen, 45
Frey, 47	Houdé, 10	Lohr, 88, 90
Gabbard, 17, 93	Hughes, 40	Lowe, 62, 69
Ganier, 58, 86	Jacobson, 20, 34	Lutz, 91
Gasen, 16	Jaervelae, 45	Maggi, 89
Gati, 46	Jamet, 86	Maier, 32
Gedeon, 71	Jeunier, 101	Maouri, 34
George, 65	Johnson-Laird, 61	Marchionini, 67
Gey, 54	Johnston, 36	Mariné, 34
Gholson, 38	Jonas, 47	Mayer, 17, 20, 31, 33, 39, 58, 61, 62, 63, 70
Gick, 24	Joo, 45, 46	McDaniel, 65
Gijbels, 93	Julien, 47	McDonald, 35, 78
Glaser, 24	Kalyuga, 20	McNamara, 35
Golanski, 67	Kambi, 38	Menon, 45
Gombert, 17, 58	Kelley, 10	Merlet, 86
Grable, 45, 46	Kessler, 10	Mesters, 45, 46
Gray, 75	Ketola, 104	Metzger, 45
Grice, 13	Kim, 45	Millar, 45, 46
Grison, 10	Kintsch, 23, 24, 35, 75	Miller, 22
Grudin, 103	Klein, 10	Millogo, 63
Guichart, 10	Knox, 45	Milson, 10, 76

Mishra, 34	Pierce, 38	Schallert, 35
Mizzaro, 72, 104	Pierre-Demarcy, 19, 93	Schanck, 89
Molinari, 35	Piolat, 29	Schnotz, 59, 62, 63
Morcillo, 101	Pirolli, 44, 45, 64, 67, 76, 77, 80	Schulz, 47
Moreno, 31, 58	Plégat-Soutjis, 90, 91	Searle, 104
Morris, 104	Pollock, 31	Segers, 93
Morrison, 77	Potelle, 35	Sensevy, 16
Mosenthal, 72	Preece, 16	Seufert, 35
Moulin, 10	Proctor, 72	Shapiro, 35
Moulthrop, 13	Pruyn, 45, 46	Shevlin, 45, 46
Muha, 53	Quaireau, 69	Shichtman, 69
Myers, 45	Ray, 38	Shiffrin, 24
Myles-Worsley, 36	Redlawsk, 45	Shin, 35
Nanard, 66, 68	Rees, 24	Simon, 20, 36, 80
Narens, 83	Reinwein, 93	Simons, 36
Nelson T.H., 14	Renkl, 32	Singh, 71
Nelson T.O., 83	Reyna, 33	Skolmoski, 34
Nicolas, 11	Reynolds, 34	Smith, 77
Niederhauser, 34	Reynolds, 45	Songer, 35
Nielsen, 65, 104	Rho, 71	Sperber, 10, 41
Niemivirta, 45	Richard, 37	Spiro, 20, 34, 35
O'Malley, 16	Rogalski, 15, 16	Squires, 16
Ogborn, 105	Rouet, 7, 13, 35, 45, 60, 63, 73, 75, 84, 86	Stadler, 40
Olive, 29	Røykkee, 104	Staley, 32
Paivio, 59, 62	Rufino, 50, 96, 97, 98	Stevenson, 35, 78
Paquette, 89, 92	Sahakyan, 10	Stimson, 68
Payne, 68	Saka, 46	Streitz, 13
Percier, 20	Salmen, 34	Sullivan, 104
Perfect, 10	Samurçay, 16	Sutcliff, 73
Perfetti, 40, 60, 61, 63	Sandak, 60	Sweller, 10, 11, 17, 20, 22, 23, 24, 25, 29, 31, 32, 33, 39, 58, 61, 62, 63, 85
Perri, 45	Sander, 37	Symons, 45
Perruchet, 11	Savenye, 35	Tabbers, 64, 79
Perry, 10	Schacter, 10	
Piaget, 24		

Tapiero, 35  
Terrier, 69  
Thelen, 47  
Thüring, 13  
Tipper, 10  
Tooby, 10  
Tricot A., 10, 19, 22,  
25, 34, 41, 45, 47, 50,  
51, 52, 53, 54, 66, 67,  
68, 73, 77, 91, 92, 93,  
96, 97, 98, 100, 101,  
102, 104, 105, 106  
Tricot M., 41, 54, 105  
Tuovinen, 25, 39  
Tverski, 58  
Van den Borne, 45, 46  
Van den Bossche, 93  
Van der Meij, 46  
Van Hout-Wolters, 18  
Van Oostendorp, 31  
Vancouver, 77  
Venkatraman, 77  
Vickery, 67  
Vidal-Abarca, 63  
Vion, 20  
Wagemann, 20  
Wenger, 68  
Westerman, 71  
Wickens, 30  
Wilhelm, 21  
Wilson, 41, 71  
Wineburg, 60  
Wood, 65  
Wright, 67  
Yeaman, 88  
Zinkhan, 45