

LA CONCEPTION D'HYPERMÉDIAS POUR L'APPRENTISSAGE : STRUCTURER DES CONNAISSANCES RATIONNELLEMENT OU FONCTIONNELLEMENT ?¹

André Tricot et Claude Bastien

Centre de Recherche en Psychologie Cognitive
(CREPCO - URA CNRS 182)
Université de Provence,
29, av. Robert Schuman
13 621 Aix en Provence Cedex

Résumé : *L'enthousiasme de ces dix dernières années pour les hypermédias dans le domaine des technologies éducatives était largement dû à la croyance selon laquelle on allait pouvoir structurer des connaissances fonctionnellement, « comme dans la tête des sujets ». Nous prétendons au contraire qu'un corpus de connaissances à transmettre doit avoir une organisation rationnelle, pour une large part indépendante du contenu. Notre argumentation se présente en deux points :*

- *la connaissance qu'un sujet traite et mémorise lors d'un enseignement, y compris sur hypermédia, n'est pas la connaissance qu'il acquiert et qu'il pourra utiliser dans une situation future ; ainsi, même s'il pouvait le faire, un concepteur de tutoriel n'a pas à imiter les connaissances du sujet ;*
- *lors d'un apprentissage sur un hypermédia, le sujet doit d'abord trouver les informations qu'il cherche, les comprendre, évaluer leur pertinence, résoudre des problèmes ; le rôle du concepteur est d'abord d'aider le sujet dans ces activités qui « entourent » l'apprentissage.*

Partant de là, ce papier a pour objectif de décrire un cadre problématique général pour la conception de systèmes hypermédia pour l'apprentissage. Le principe que nous défendons est que plutôt que d'imiter les connaissances du sujet, le concepteur doit, par une structure claire, rationnelle, relativement indépendante du contenu, permettre au sujet de localiser des informations, et de comprendre les liens qu'il y a entre elles dans le système.

1 Ce papier est une synthèse de travaux s'étalant sur 4 ans, au cours desquels nous avons collaboré avec Jean-François Rouet, Jocelyne Nanard et Jean-Paul Coste. Ces travaux ont abouti à une thèse (Tricot, 1995a) et à quelques publications. Les idées développées ici reprennent principalement : Bastien (1992, 1993), Rouet et Tricot (1995, in press) et Tricot (1994, 1995b), ainsi que les résultats de Pellegrin (1995) et ceux de Salazar-Ferrer (1995).

1. INTRODUCTION

Au cours de la seconde moitié des années 80, les hypermédias ont apporté un courant d'air frais à la recherche et au développement d'outils EAO. À différents niveaux, cette nouvelle technologie permettait d'éviter (et non de répondre à) quelques problèmes du domaine : élaboration d'un modèle de l'apprenant, gestion du dialogue, adaptation du niveau de connaissance, etc. Elle véhiculait une idée force, qui se résume caricaturalement ainsi : grâce aux hypermédias, on devait pouvoir structurer des connaissances fonctionnellement, « comme dans la tête des sujets », l'application EAO s'adaptant ainsi « automatiquement » à eux. Cette idée était, il est vrai, fortement appuyée par les modèles de réseaux et de mémoires sémantiques, en IA et en psychologie cognitive. L'objectif de ce papier est de montrer que l'intérêt des hypermédias pour l'apprentissage est à l'opposé de cette idée force.

Dans la partie 2 nous rapportons succinctement les travaux d'un des auteurs qui représentent le mieux le courant de pensée dominant de ces dernières années, concernant les hypermédias pour l'apprentissage, David Jonassen. Pour lui, la conception de ces systèmes consiste à représenter des connaissances fonctionnelles dans une base de donnée hypertextuelle, et à les transmettre telles quelles.

Puis, nous essayons de répondre aux questions suivantes :

- qu'est-ce qu'un sujet apprend dans un hypermédia pour l'apprentissage ? (partie 3). Nous examinons la nature des connaissances acquises et les processus d'acquisition de connaissances ;
- qu'est-ce qu'un sujet fait vraiment dans un hypermédia pour l'apprentissage ? (partie 4). Nous présentons le modèle de Rouet et Tricot (1995, sous presse) qui décrit cette activité comme un cycle « évaluation - sélection - traitement » ;
- qu'est-ce que nous pouvons faire pour aider un apprenant dans un environnement hypermédia ? (partie 5). Nous répondons que le concepteur doit aider l'utilisateur à chercher, à comprendre, et à contextualiser les connaissances qui sont présentées.

Dans la conclusion, nous ébauchons un cadre pour la recherche sur les hypermédias pour l'apprentissage où pourraient être articulées l'étude du raisonnement en situation, celle des apprentissages des connaissances nécessaires à ce raisonnement et celle de l'ergonomie des supports pouvant permettre ces apprentissages.

2. LA FONCTIONNALISATION DES CONNAISSANCES SUR HYPERTEXTE COMME OUTIL D'ENSEIGNEMENT

Les travaux de Jonassen, dont la démarche est strictement opposée à la nôtre, sont sans doute représentatifs des idées et des ambitions de ces dix premières années de recherche sur les hypermédias pour l'apprentissage. Cet auteur est un des chercheurs importants du domaine (voir notamment Jonassen, 1989, 1992, 1993 ; Jonassen et Mandl, 1990). Pour Jonassen, l'intérêt des hypermédias réside précisément dans le fait que l'on peut y stocker « telle quelle » l'organisation en mémoire

des connaissances d'un expert, dans un domaine donné. Il se base sur une analogie de forme entre les modèles de mémoire sémantique et l'hypertexte (il s'agit dans les deux cas d'unités de connaissances reliées entre elles par des liens que l'on peut typer). Selon lui, l'acquisition de ces connaissances, et plus précisément la procéduralisation, consisterait en une sorte d'appariement des structures de relations entre concepts, du mode procédural vers le mode déclaratif. Ainsi, Jonassen propose l'organisation sémantique - fonctionnelle du corpus de connaissances à transmettre.

Il a conduit trois expérimentations (Jonassen, 1993 ; Jonassen et Wang, 1993) sur l'acquisition, par des novices, de connaissances expertes stockées dans un hypertexte selon cette logique. Elles sont représentées selon le formalisme des schémas ; les schémas sont intégrés dans un réseau sémantique composé de noeuds (les schémas) et de relations étiquetées et ordonnées.

Dans la première expérimentation, les sujets disposent d'un « navigateur graphique » (graphical browser), soit une représentation graphique de la « mémoire sémantique de l'expert ». Pour évaluer la connaissance structurale, on dispose de dix questions, chacune ayant trois « sous-échelles » : jugements de proximité des relations, relations sémantiques, analogies. Trois groupes de sujets passent l'expérience : groupe « navigateur graphique », groupe « information sur les relations » (non graphique : l'information est donnée chaque fois que le sujet « clique »), groupe contrôle (pas d'information sur les relations ou la structure). L'auteur n'observe pas de différence significative dans une tâche de rappel, où il évalue la proximité du rappel et du document source, notamment au niveau des relations entre concepts ; le « navigateur graphique » semble entraîner les scores les moins bons. Le rappel est le meilleur dans la condition contrôle.

Dans la deuxième expérimentation les sujets classent les liens d'après leur « nature ». Les résultats sont équivalents : il n'y pas de différence significative, le rappel est le meilleur dans la condition contrôle.

Une troisième expérimentation porte sur deux groupes de sujets : les sujets du premier groupe doivent juste « apprendre », les autres doivent apprendre dans le but de créer plus tard un réseau sémantique de type hypertexte. Les résultats montrent que le 2^{ème} groupe a de meilleurs scores à l'échelle « jugements de proximités ».

Il est à noter que Jonassen éprouve des difficultés à identifier ce qu'il est pertinent de chercher quand on veut mesurer « l'apprenabilité » d'un hypertexte. Il n'évalue absolument pas ce qu'il cherche (l'acquisition de procédures). Comme il l'écrit, ces résultats sur le rappel semblent contredire sa théorie.

3. QU'EST-CE QU'UN SUJET APPREND DANS UN HYPERMÉDIA POUR L'APPRENTISSAGE ? COMMENT ?

3.1. Sur la nature des connaissances acquises

3.1.1. L'importance du contexte

Aujourd'hui, les chercheurs sont généralement d'accord sur le fait que l'utilisation d'une connaissance abstraite et parfaitement décontextualisée, pouvant s'appliquer à de nombreuses situations, est plutôt l'exception que la règle chez un

sujet humain : voir par exemple Amy et Tiberghien (1993) et Bonnet (1986) pour la perception, Baddeley (1990) pour la mémoire, et Suchman (1987) pour le raisonnement.

Nous commençons par rappeler la discussion que Le Ny (1989) a consacré au contexte parce qu'elle lui sert à proposer un modèle des représentations mentales et de leur fonctionnement ouvertement « contextualiste ». Nous reprenons cette discussion, pour remettre en cause le modèle de Le Ny, qui ne serait « pas assez contextualiste » en ce qui concerne les connaissances fonctionnelles².

Le Ny part de la proposition suivante :

Un contexte linguistique joue, lors de la compréhension d'une unité (par exemple un mot) à l'intérieur d'un énoncé, exactement le même rôle qu'une situation par rapport à une représentation d'objet (...). Il est équivalent de dire « le contexte linguistique est un cas particulier du contexte de situation » (...) que « le contexte de situation est conceptualisable de la même façon que le contexte linguistique. » (Le Ny, 1989, p.83)

Puis il rappelle l'expérience de Barclay et al. (1974), qui ont montré que la signification de « piano » est instanciée de façon différente dans :

« Lydia jouait délicieusement une sonate sur son piano »

et dans :

« Les déménageurs ont eu de la peine à apporter le piano »

Il écrit :

« En bref, ce sont les attributs relatifs à la sonorité et à la musicalité de l'instrument qui sont activés dans le premier cas, ceux relatifs à son poids et à son encombrement dans le second. » (Le Ny, 1989, p. 84)

Il propose alors comme une des caractéristiques principales du système cognitif humain la manipulation de représentations « flexibles » (dont le relief des attributs varie selon le contexte) :

« La possibilité de moduler la hiérarchie des variables-attributs, de changer leur relief, est, au même titre que la possibilité d'instancier par des valeurs ces mêmes variables-attributs, une condition constitutive de tout concept. » (Le Ny, 1989, p.85)

Le Ny pense qu'un concept ne peut pas se concevoir en dehors d'un contexte, et que ce contexte fait varier l'activation des attributs du concept.

Plus loin (p.133), il étend et formalise sa conception des représentations mentales :

« La structure abstraite d'un schéma cognitif (...) doit contenir des super-constantes cognitives telles que, s'il s'agit d'un schéma d'objet : a-pour-trait-attribut (o, a) où o représente l'objet et a l'attribut, a-pour-valeurs-d'attribut (o, a, d) avec o pour l'objet, a pour un attribut, et d une description de la distribution. »

² Même s'il ne l'écrit pas en ces termes, Le Ny restreint son modèle aux connaissances déclaratives. La description qu'il fait (p. 129-132) des scripts de Schank et Abelson (1977) (donc de « connaissances pour l'action »), ne lui sert qu'à introduire la notion de schéma d'objet.

Une « propriété attribuable par défaut » est attribuée « en l'absence d'information pertinente au cas considéré ». D'une façon générale, il y aurait une « marge de décision concernant les traits-valeurs d'attributs des concepts ». La complexité et l'efficacité d'un schéma dépendraient du degré d'expertise du sujet sur la situation.

Nous proposons d'aller plus loin que Le Ny dans l'importance attribuée au contexte dans la mobilisation de connaissances chez un sujet humain, en nous appuyant sur les propositions d'Inhelder et Cellérier (1992) et sur les résultats expérimentaux de Pellegrin (1995) et Salazar-Ferrer (1995). Notre proposition concerne les « connaissances fonctionnelles » : des connaissances « pour agir » organisées en fonction d'un but. À un même concept pourraient correspondre différentes « connaissances fonctionnelles », selon le contexte. Car, contrairement à ce que propose Le Ny dans son modèle, la mobilisation de connaissances fonctionnelles dans deux contextes différents n'entraîne pas simplement une variation dans la hiérarchisation des attributs, mais bien la mobilisation de fonctionnalités différentes, de liens différents, et de réseaux différents : un même concept peut être localisé à deux endroits différents. Simplement, d'un point de vue fonctionnel, le piano de Lydia n'est pas le piano des déménageurs. Il ne s'agit pas d'une mobilisation d'attributs différents selon le contexte d'activation mais bien de la localisation et de l'organisation différentes en mémoire d'un même concept correspondant à plusieurs connaissances fonctionnelles.

Quelle que soit la conception « raisonnablement actuelle » que l'on ait du contexte et de son rôle sur l'activation de connaissances en situation, cette conception remet en cause, pour ceux qui s'intéressent aux apprentissages humains, à la fois Piaget, Vygotski et les premiers modèles issus du *General Problem Solver* : les apprentissages ne consisteraient pas en la décontextualisation des connaissances³. Cette remise en cause n'a pas forcément entraîné une rupture paradigmatique, mais plutôt une intégration des paradigmes (Inhelder et Cellérier, 1992).

3.1.2. Le passage de l'approche structurale à l'approche fonctionnelle

Inhelder et Cellérier (1992) proposent un cadre qui englobe non seulement l'approche piagétienne classique et les dernières orientations « fonctionnalistes » de l'école genevoise, mais aussi différentes problématiques cognitives issues de la psychologie cognitive et de l'intelligence artificielle. Une telle ambition est beaucoup trop difficile à résumer. Aussi, allons-nous seulement souligner les spécificités des connaissances fonctionnelles.

Inhelder et de Caprona (1992) établissent la ligne de partage entre les connaissances générales (l'interprétation que le sujet fait de la réalité) et les connaissances spécifiques, particulières, mises en œuvre lors d'une résolution de problème. L'objet du constructivisme épistémologique est l'étude des premières connaissances et de leur structure. L'objet du constructivisme psychologique est l'étude des secondes connaissances et de leur fonctionnement.

3 On admettra de façon très générale qu'un apprentissage consiste en l'acquisition ou en la modification de connaissances ou de représentations.

« Le sujet épistémique apparaît surtout comme le sujet d'une connaissance normative. Son étude relève d'une psychologie qui se met en quelque sorte au service des normes et utilise à cette fin des modèles choisis de la pensée scientifique. (...) Par contraste le sujet psychologique individuel est étudié par un observateur qui s'attache à déceler la dynamique des conduites du sujet, leurs buts, le choix des moyens et les contrôles, les heuristiques propres au sujet et pouvant aboutir à un même résultat par des chemins différents. » (Inhelder et de Caprona, 1992, p.21)

Ce qui nous paraît fondamental dans la proposition de ces auteurs c'est que les connaissances fonctionnelles sont particulières à un sujet. Les connaissances procédurales telles que les conçoivent les cognitivistes (voir par exemple Anderson, 1983) qui peuvent être transférées d'une résolution de problème à une autre résolution de problème, et qui peuvent se retrouver d'un sujet à un autre sujet, ne seraient qu'un cas particulier des connaissances fonctionnelles. Plus précisément : les connaissances fonctionnelles, les procédures, les savoir-faire, les connaissances pour agir ou pour l'action, ne sont qu'une seule et même chose. La psychologie cognitive « cognitiviste » principalement anglo-saxonne, même radicalement débarrassée de son « logicisme » (comme chez Johnson-Laird, 1983), avait pour but, dans l'étude des procédures, l'identification de régularités, de canons de raisonnement, valables d'un problème à l'autre, d'un sujet à l'autre. À l'inverse, les propositions des genevois sont centrées sur l'individu particulier, sur la description de ses actions dans une situation de résolution de problème. Le fait qu'il puisse utiliser une procédure « logique » ou « stable » dans une résolution de problème est un fait parmi d'autres.

Et selon Cellérier (1992), l'étude de l'utilisation de ces connaissances particulières en situation de résolution de problème *« constitue (...) le creuset constitutif non seulement de la construction de connaissances particulières, mais également des catégories universelles des adaptations cognitives du sujet à son milieu et des transformations qu'il lui imprime »* (p.219).

3.2. Sur les processus d'acquisition de connaissances

« Les connaissances peuvent se construire à partir d'informations symboliques véhiculées par des textes ou se construire par l'action à partir de la résolution de problèmes. Le premier mode construit principalement (mais non exclusivement) des connaissances relationnelles⁴, le second plutôt des connaissances procédurales. » (Richard, 1990, p.15)

La distinction que souligne Richard est généralement admise par les psychologues (voir la discussion d'Inhelder et de Caprona, 1992), le « mais non exclusivement » fait l'objet de travaux depuis quelques années : l'acquisition de connaissances, définie traditionnellement selon ce qui est acquis par le sujet (réflexes, schémas, « habiletés », schémas, connaissances déclaratives, connaissances procédurales, connaissances fonctionnelles) s'enrichit de la définition de contextes

4 Que Jean-François Richard emploie pour connaissances déclaratives : « description d'objets en précisant leurs composantes élémentaires et la nature des relations existant entre ces composantes » (Richard, 1990, p. 14).

d'apprentissages selon ce qui est traité par le sujet (environnement physique, stimuli, exemples, exercices, problèmes, faits déclarés, règles).

3.2.1. Apprentissage par l'action et acquisition de connaissances fonctionnelles

L'apprentissage par l'action désigne le processus de construction de connaissances « pour l'action » ou « procédurales » à partir de la résolution de problèmes. Dans la théorie ACT* (Anderson, 1983) par exemple, on décrit les processus de compilation et de composition. Dans la compilation, une nouvelle procédure peut être créée à partir de la trace de l'application d'une procédure, tandis que la composition est l'enchaînement de deux procédures qui n'en font plus qu'une. Par exemple, Anderson et Thompson (1989) affinent ACT* en montrant qu'une représentation procédurale peut prendre diverses formes, y compris transitoires, et que l'idée d'un pré-requis d'une mémoire à long terme (MLT) déclarative aux connaissances procédurales ne tient pas. Un autre mécanisme correspond à la « prise de conscience » (passage d'une procédure à une déclaration).

Dans d'autres modèles psychologiques comme celui des schémas, l'apprentissage correspond simplement à la construction de schémas, ou, plus précisément, à l'enrichissement des schémas par adjonction de nouveaux éléments, modification de schémas existants par réajustement ou raffinements, ou restructuration de schémas et création de nouveaux schémas (Rumelhart et Norman, 1978). L'exemple d'Escarabajal (1986) sur la résolution de problèmes est particulièrement intéressant : elle y décrit l'adjonction d'une relation nouvelle à un schéma existant, et l'appariement de deux schémas par l'intermédiaire d'une relation qui leur est commune.

3.2.2. Apprentissage par instruction et acquisition de connaissances déclaratives

Dans ACT*, l'acquisition de connaissances déclaratives se fait par création de nouveaux arcs ou de nouveaux noeuds à l'intérieur du réseau sémantique (MLT déclarative). Ainsi, dans cette théorie on est devant l'impossibilité d'acquérir « en l'état » une connaissance purement déclarative⁵.

Succinctement, dans l'apprentissage par instruction (ici par le texte), les connaissances acquises sont majoritairement déclaratives, les connaissances antérieures jouent un rôle très important (voir par exemple Denhière et Mandl, 1988 ; Thorndyke et Hayes-Roth, 1979). L'évaluation de ces apprentissages est très difficile, l'analyse classique des protocoles de rappel et reconnaissance étant peu pertinente pour évaluer un apprentissage par le texte (Mannes, 1988). L'apprentissage par le texte peut être considéré comme une activité de compréhension (notamment construction de structures conceptuelles), de mémorisation, et de production d'inférences. Ici on conçoit la modification de la mémoire à long terme comme la modification de structures (réseaux sémantiques et schémas). En clair, si l'on travaille sur l'apprentissage par le texte, l'évaluation de l'apprentissage doit se faire sur trois niveaux. Le lecteur a-t-il compris ce qu'il y a dans le texte (concepts, relations entre eux) ? Le lecteur a-t-il mémorisé ce qu'il y a dans le texte ? Le lecteur a-t-il compris ce qu'il n'y a pas dans le texte mais que l'on peut inférer ? L'évaluation ne peut pas se faire seulement au niveau du questionnement immédiat du lecteur, mais doit prendre en compte ce que le sujet peut traiter de nouveau et ce qu'il peut faire de nouveau.

⁵ Anderson ne parle-t-il pas, sur une échelle différente, de l'accommodation de Piaget ?

La notion même d'organisation du corpus enseigné, qui nous occupe ici, est difficile à manipuler : il ne faut pas confondre l'organisation « sémantique » du corpus (relations sémantiques entre les arguments) avec son organisation « physique » (disposition et accessibilité des sous-parties du texte dans le document). Foltz (1993), dans une étude consacrée à la comparaison d'apprentissages par le texte de formats linéaires et non-linéaires, montre que la cohérence du texte (et non son format) joue un rôle prépondérant dans l'apprentissage. Les sujets suivraient globalement une démarche d'exploration des textes selon la hiérarchie présentée dans le plan, plutôt que selon les liens locaux ; ainsi, dans cette étude, le format du texte n'a pas d'effet sur la compréhension.

Enfin, il faut signaler que les tâches d'apprentissage par instruction rapportées dans la littérature sur les hypertextes sont d'une très grande diversité, et surtout, sont définies à des niveaux encore trop hétérogènes. On distingue par exemple :

- les tâches de lecture pour écrire, pour comparer ou pour chercher des références (Wright, 1990) ;
- les tâches « répondre à des questions », « créer un carte conceptuelle qui représente les concepts et leurs relations », « enregistrer les informations utiles que l'on rencontre » (Reader et Hammond, 1994) ;
- « prendre des notes en vue de la rédaction d'une dissertation », « répondre à un QCM » ou « juste regarder » (Hutchings, Hall et Thorogood, 1994) ;
- « chercher une occurrence ou plusieurs dans un ensemble de noeuds », « cocher puis rappeler tous les noeuds contenant telle occurrence » et « suivre les liens structuraux » (Smeaton, 1991).

3.2.3. Apprentissages par instruction et utilisation des connaissances en situation

Si l'on admet les propositions d'Inhelder et Cellérier (1992) concernant la nature des connaissances mobilisées par un sujet humain en situation et si, d'autre part, on admet avec Anderson (1987) que l'apprentissage par instruction est une des formes d'apprentissage les plus importantes, alors on peut reposer le problème évoqué un peu plus haut : puisque les connaissances utilisées par un sujet en situation sont complètement contextualisées et personnelles, alors quelles caractéristiques doit avoir un corpus de connaissances à transmettre étant donné qu'une fois acquis, ce corpus aura une organisation fonctionnelle et propre au sujet qui l'aura acquis ?

Myles-Worsley, Johnston et Simons (1988) et Norman et al. (1992) ont conduit des expérimentations sur l'activité de diagnostic en radiologie. Leurs travaux consistent à comparer cette activité selon le niveau d'expertise des médecins (étudiants débutants, internes, médecins hospitalo-universitaires). L'intérêt de ces études pour nous réside dans le fait que cette activité est très rapide (quelques secondes), qu'elle requiert un long apprentissage (plusieurs années) et qu'elle est enseignée par ceux-là même qui la pratiquent. Ces études montrent que les experts utilisent en situation des connaissances complètement différentes de celles qu'ils enseignent. En particulier, leur regard n'explore pas la radiographie mais se focalise sur les lésions (en moins d'une demi seconde). Si bien que les experts ont des performances bien moindre que les autres sujets dans une tâche de reconnaissance

de radiographies de poumons sains. Les auteurs ont contrôlé la capacité de ces différentes populations de sujets dans une tâche de reconnaissance de visage : dans ce cas, les performances des différents groupes sont équivalentes.

Bien évidemment, ce sont ces « experts » qui ont enseigné la radiologie à ces internes. Mais la façon dont ils ont organisé les connaissances pour les transmettre (organisation rationnelle visant à planifier l'exploration d'une radiographie) n'a aucun rapport avec l'organisation des connaissances lors de leur utilisation (organisation fonctionnelle visant à ne détecter que les lésions).

L'acception du mot « rationnel » est ici très large : cela désigne simplement un principe d'organisation relativement externe aux contenus, que l'on peut opposer à une organisation sémantique qui dépend des contenus.

Pourquoi ces experts n'enseignent-ils pas leur connaissances selon l'organisation fonctionnelle qui leur est propre ? Selon nous, parce que, comme le disent Inhelder et Cellérier (1992), une connaissance fonctionnelle n'est pas stable dans le temps (alors qu'une connaissance procédurale l'est généralement), qu'elle est largement implicite et qu'elle est individuelle. L'organisation rationnelle des connaissances est relativement indépendante du contenu, normative (admise par une population) et permettrait de retrouver des connaissances à un autre moment que celui de la prise d'information, y compris des connaissances que l'on était incapable d'assimiler lors de la prise d'information. L'organisation rationnelle des connaissances est fondée sur des liens entre les connaissances qui ne posent pas de problème d'interprétation au sujet.

Byrnes (1992), par exemple, montre l'effet facilitateur très important de l'enseignement préalable d'un corpus « conceptuel » organisé (connaissances déclaratives rationnellement organisées) sur l'utilisation efficace de procédures dans le domaine de la programmation (donc sur l'acquisition de connaissances fonctionnelles), aussi bien chez des enfants que chez des adultes.

Ainsi, on pourrait expliquer l'échec de nombreux hypermédias d'enseignement, où le concepteur étant tout d'un coup capable de briser la logique d'une discipline proposait un corpus aux multiples entrées et aux multiples cheminements, parfaitement hermétique.

En résumé, les connaissances qu'un sujet utilise en situation sont largement particulières à ce sujet et à cette situation ; elles sont peu abstraites et peu logiques. Ces connaissances sont organisées fonctionnellement. Nous prétendons que l'enseignement de ces connaissances, bien loin de pouvoir imiter cette organisation, doit être fondé sur une organisation rationnelle du corpus de connaissances à transmettre. Nous allons appuyer ce point de vue à partir d'une brève description de l'activité des sujets dans les systèmes hypermédia.

4. QU'EST-CE QU'UN SUJET FAIT VRAIMENT DANS UN HYPERMÉDIA POUR L'APPRENTISSAGE ?

Rouet et Tricot (1995, sous presse) ont proposé de considérer la consultation d'un hypertexte ou d'un hypermédia comme un cycle de traitement constitué de trois phases principales : la sélection de l'information, le traitement de cette information

et l'évaluation de la pertinence du noeud sélectionné en fonction du but visé par le sujet. Cette conception est compatible avec d'autres modèles de la recherche d'information (Guthrie, 1988) ou de l'interaction sujet-ordinateur (Norman, 1984).

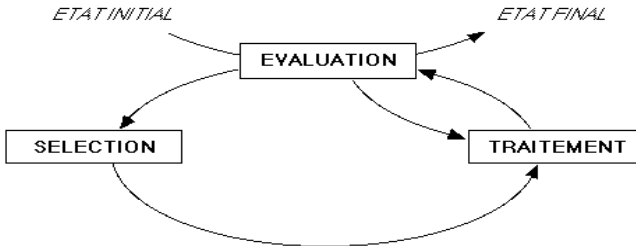


Figure 1. Le cycle Evaluation-Sélection-Traitement

4.1. Il sélectionne des informations et évalue leur pertinence

Dans le modèle de Rouet et Tricot, 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) ;
- un processus de traitement des informations « relationnelles » (liens, menus, boutons).

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

4.2. Il traite ces informations trouvées

Selon Rouet et Tricot (1995) « toute sélection ou chaîne de sélections dans l'hypertexte aboutit in fine à la présentation d'un passage de texte dont le sujet doit lire et comprendre le contenu. Durant la phase de traitement du contenu le sujet acquiert une représentation de la signification du passage de texte sélectionné (...) Au niveau local, le sujet doit comprendre la signification du texte, c'est-à-dire en extraire la macrostructure et l'intégrer à ses connaissances antérieures du domaine. Au niveau global, le lecteur doit évaluer si le passage lu contribue au but poursuivi, et le cas échéant intégrer l'information ainsi acquise à celles rencontrées précédemment (c.-à-d. au résultat des cycles précédents). »

4.3. Il intègre ces nouvelles connaissances

Enfin, la phase d'acquisition des connaissances elle-même est difficile à décrire du seul point de vue de l'interaction sujet-ordinateur. Pour deux raisons : elle est décalée dans le temps et les connaissances évaluées lors de cette phase ne sont que rarement celles qui concernent vraiment l'apprentissage.

- L'évaluation immédiate ne renseigne que sur un temps de l'acquisition des connaissances : sa phase initiale.

- L'évaluation de la mémorisation des informations ne renseigne pas ou peu sur l'utilisation de ses connaissances en situation.

5. QU'EST-CE QUE NOUS POUVONS FAIRE POUR AIDER UN APPRENANT DANS UN ENVIRONNEMENT HYPERMÉDIA ?

5.1. L'aider à chercher

L'aide à la recherche d'information dans les systèmes informatiques est en soi un problème majeur depuis 40 ans. Nous avons comme seule prétention de souligner que c'est aussi un problème majeur dans l'utilisation d'hypermédias pour l'apprentissage. Nous voulons aussi souligner que les aspects humains dans le domaine de la recherche d'information ont été négligés jusqu'au début des années 90. Quels sont les différents buts des sujets quand ils recherchent de l'information ? Comment ces buts se formulent-ils ? Comment évoluent-ils au cours d'une recherche d'information ? Quels sont les liens entre recherche d'information et mémoire ?

Aider un utilisateur à rechercher de l'information dans un système c'est : l'aider à élaborer une représentation du contenu global du système ; l'aider à comprendre localement chaque relation entre deux informations (« si j'active ce lien, quel noeud sera ouvert ? ») ; l'aider à formuler et à préciser ses objectifs de recherche d'information de façon opérationnelle (par rapport au système donné) ; l'aider à évaluer le résultat de sa recherche, pas à pas, en relation avec ses objectifs de départ.

Mais nos expériences (Tricot, 1995a) ont aussi montré le double rôle, partiellement contradictoire, que pouvaient avoir certains outils d'accès à l'information pour la navigation dans un hypermédia : une barre de menu, qui facilite l'accès à l'information et indique en permanence les grands thèmes ou les grandes catégories d'informations contenues dans le document, permet aussi d'ouvrir consécutivement deux noeuds sans aucun lien (avec les problèmes de compréhension que l'on imagine aisément).

5.2. L'aider à comprendre

Aider un sujet à comprendre quelque chose dans un environnement hypermédia est, bien entendu, l'objectif « normal » de tout concepteur. Admettons qu'un concepteur veuille faire comprendre les noeuds A et B ainsi que le lien α qu'il y a entre eux. Il y a, dans cette situation, trois contenus sémantiques à faire comprendre : A, B, α . Nous voulons simplement attirer l'attention sur le fait que pour atteindre cet objectif, un objectif intermédiaire tout à fait raisonnable est d'aider le sujet à mémoriser que A et B sont liés, quitte à ce qu'il comprenne plus tard le contenu de α .

Autrement dit, l'organisation rationnelle, relativement indépendante du contenu, d'un corpus de connaissance à transmettre, permettrait d'alléger la tâche des sujets, en différant le traitement d'un certain nombre de contenus sémantiques. Car **l'établissement d'un lien fonctionnel entre deux connaissances est un objectif d'apprentissage à beaucoup plus long terme que la simple consultation d'un hypermédia.**

5.3. L'aider à contextualiser

Si le concepteur a pour objectif d'aider l'apprenant à fonctionnaliser ses connaissances, à en faire des connaissances utilisables dans des situations futures, alors un point majeur devient la conception d'une base de problèmes. Ponctuellement, en liaison avec les connaissances stockées dans le système, des problèmes doivent pouvoir aider le sujet à :

- faire changer les contextes : montrer au sujet les différents contextes fonctionnels d'utilisation d'une même connaissance ;
- faciliter l'analogie : montrer au sujet que deux contextes sont fonctionnellement identiques (quand à l'utilisation de telle ou telle connaissance) ;
- faciliter la généralisation : montrer au sujet que tel ensemble de contextes constitue une catégorie de problèmes.

6. CONCLUSION

L'évolution spectaculaire de la psychologie cognitive au cours des deux dernières décennies a conduit à distinguer, ou plus exactement à ne plus confondre, les connaissances générales et les connaissances individuelles.

Les connaissances générales sont sociales en ce sens qu'elles sont collectivement élaborées. De ce point de vue elles sont comparables à une langue naturelle dont on peut affirmer qu'elle existe - et dont on peut, comme le font les linguistes, décrire les caractéristiques - mais dont on sait aussi que personne, individuellement, ne la possède intégralement. La transmission de ces connaissances d'une génération à l'autre est, comme le souligne Anderson (1987), la condition même de leur transformation et donc du progrès collectif. Mais la conservation de ces connaissances et leur diffusion exigent, pour qu'elles soient par ailleurs accessibles à tous, qu'elles soient organisées selon des principes logiques généraux, indépendants de leurs contenus, et consensuellement admis.

L'idée défendue ici est que l'acquisition de ces connaissances générales par un individu particulier présente deux caractéristiques. D'une part cette acquisition passe par une restructuration dans la mesure où elle est toujours orientée par un but : les situations qu'elles permettent de résoudre. Prenons l'exemple de la réalisation d'un programme à l'aide d'un logiciel : la solution élaborée, quelle qu'elle soit, utilise des connaissances le plus souvent très éloignées les unes des autres dans la documentation correspondante (entrées-sorties, gestion du graphisme, fonctions logiques, par exemple, situées dans des chapitres différents). Dans la connaissance mémorisée qui en résulte (et qui devient activable face à tout problème de même type) ces connaissances sont directement connectées : elles sont regroupées en fonction du but qu'elles permettent d'atteindre et non selon leur nature comme elles le sont dans la documentation. D'autre part une connaissance n'est jamais complètement nouvelle : elle se lie aux connaissances déjà acquises dans le domaine concerné. Cette double structuration, par le but et en fonction des connaissances antérieures, constitue un réseau et résoudre un problème revient à trouver un cheminement dans ce réseau (Inhelder et Cellérier, 1992).

De ces considérations on peut tirer deux conclusions. La première est l'importance que revêtent, dans l'apprentissage, les situations-problèmes : les connaissances enseignées à l'université ne se structurent pas de la même façon chez les étudiants selon que le contrôle qu'on leur impose est un Q.C.M. ou un exercice dit d'application. Mais d'un autre côté pour élaborer leurs connaissances permettant d'atteindre le même but, dont on peut raisonnablement penser qu'il est de réussir un contrôle de type déterminé, ces mêmes étudiants ne structureront pas de la même façon leurs notes de cours et leurs lectures : cette structuration dépend de leurs connaissances antérieures.

Un des intérêts majeurs des hypermedias dans le cadre de l'apprentissage⁶ est évidemment de permettre cette diversité des cheminements dans un champ de connaissances et d'offrir différentes possibilités de liens (dépendance, analogie...) pertinents. La contrepartie, on le sait, est le risque de voir le sujet se perdre dans l'hyper-espace et donc dans la nécessité de le guider sans le contraindre. Il nous semble que la réponse ne consiste pas à reproduire les principaux types d'organisation de la base de connaissances dans les EIAO (correspondant en fait aux différents types de structuration d'une base de connaissances dans un système expert) : les réseaux sémantiques, les systèmes de production, les schémas... Ces modes d'organisation de connaissances classiques des systèmes experts, mais aussi des modèles de la psychologie cognitive des années 70-80, sont, comme le remarquent Mendelsohn et Dillenbourg (1993), interchangeables.

L'idée serait de couvrir les différentes structurations de l'information correspondant aux différents buts que des utilisateurs distincts sont susceptibles de poursuivre à l'aide d'une même base. Le guidage de la navigation consiste alors, étant donné un but (une tâche), à n'activer que la configuration utile. Par exemple, étant donnée une base de problème, seuls les liens permettant d'accéder à toutes les connaissances utiles à la résolution du problème courant et seulement ceux-là, sont actifs dans la base de connaissances. Cette démarche repose sur deux présupposés essentiels.

Le premier est que les paramètres de description d'une tâche utilisateur sont les mêmes quelle que soit cette tâche : il s'agit de la représentation du but à atteindre, de la représentation de l'environnement dans lequel va s'effectuer la tâche et des compétences disponibles.

Le second est que pour décrire une tâche de recherche / intégration de connaissances, il suffit de croiser la description machine de la tâche et la description utilisateur de la tâche. Les observables sont le cheminement effectif du sujet vers le but et l'utilisation effective de la connaissance trouvée en situation.

C'est à la transformation de ces présupposés d'abord en formalisations puis en outils que nous consacrons nos travaux actuels.

6 L'intérêt des hypermédias en tant que support d'aide à la conception et à l'écriture (voir en particulier Conklin et Begeman, 1988 ; Marshall et Rogers, 1992 ; Nanard et Nanard, 1991, 1993 ; Streitz, Hanneman et Thüring, 1989) a été souligné par de nombreux auteurs mais il n'est pas abordé ici.

Bibliographie

- Amy Bernard et Tiberghien Guy (1993). « Contexte, cognition et machines contextuelles », in Denis Michel et Sabah Gérard, eds. *Modèles et concepts pour la science cognitive. Hommage à Jean-François Le Ny*, PUG, Grenoble, p. 179-206.
- Anderson John R. (1983). *The architecture of cognition*, Harvard University Press, Cambridge, 345 p.
- Anderson John R. (1987). « Methodologies for studying human knowledge », *Behavioral and Brain Sciences*, Vol. 10, p. 467-505.
- Anderson John R. et Thompson Ross (1989). « Use of analogy in a production system architecture », in Vosniadou Stella et Ortony Andrew, eds. *Similarity and analogical reasoning*, Cambridge University Press, Cambridge, p. 267-297.
- Baddeley Alan (1990). *Human memory. Theory and practice*. (trad. fr. « La mémoire humaine. Théorie et pratique », PUG, Grenoble, 1993, 547 p.).
- Barclay John R. et al. (1974). « Comprehension and semantic flexibility », *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, Vol. 13, p. 471-481.
- Bastien Claude (1992). « Ergonomics for hypermedia courseware », in Oliveira Armando, ed. *Hypermedia courseware : structures of communication and intelligent help*, Springer Verlag, Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop at Espinho, Portugal, 19-24 avr 90, Berlin, p. 183-187.
- Bastien Claude (1993). « Organisation des connaissances et dialogue homme-machine dans les situations d'apprentissage », in *Colloque « Le dialogue homme-machine »*, Université de Caen.
- Bonnet Claude (1986). « Visual perception in context », *Cahiers de Psychologie Cognitive*, Vol. 6, n° 2, p. 137-155.
- Byrnes James P. (1992). « The conceptual basis of procedural learning », *Cognitive Development*, Vol. 7, p. 235-257.
- Cellérier Guy (1992). « Le constructivisme génétique aujourd'hui », in Inhelder Bärbel et Cellérier Guy, eds. *Le cheminement des découvertes de l'enfant*, Delachaux et Niestlé, Neuchâtel, p. 217-253.
- Conklin Jeff et Begeman Michael (1988). « gIBIS : a hypertext tool for exploratory policy discussion », *MCC Technical Report Number STP-082-88*, Austin, Texas.
- Denhière Guy et Mandl Heinz, eds. (1988). « Knowledge acquisition from text and picture », *European Journal of Psychology of Education*, Special issue, vol. III n° 2.
- Escarbajal Marie-Claude (1986). « Utilisation de la notion de schéma dans un modèle de résolution de problèmes additifs », in Bonnet Claude, Hoc Jean-Michel et Tiberghien Guy, eds. *Psychologie, Intelligence Artificielle et Automatique*, Mardaga, Bruxelles, p. 47-59.
- Foltz Peter W. (1993). « Readers' comprehension and strategies in linear text and hypertext », Institute of Cognitive Science, *Technical Report #93-01*, Boulder, Colorado.
- Guthrie John T. (1988). « Locating information in documents : examination of a cognitive model », *Reading Research Quarterly*, Vol. 23, n° 2, p. 178-199.
- Hutchings G.A., Hall W. et Thorogood P. (1994). « Experiences with hypermedia in undergraduate education », *Computers Education*, Vol. 22, n° 1/2, p. 39-44.
- Inhelder Bärbel et Cellérier Guy, eds. (1992). *Le cheminement des découvertes de l'enfant*, Delachaux et Niestlé, Neuchâtel, 319 p.

- Inhelder Bärbel et de Caprona Denys (1992). « Vers le constructivisme psychologique : Structures ? Procédures ? Les deux indissociables », in Inhelder Bärbel et Cellérier Guy, éd. op. cit. p. 19-50.
- Johnson-Laird Phil N. (1983). *Mental Models*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Jonassen David H. (1989). *Hypertext / Hypermedia*, Educational Technology Publications, Engelwood Cliffs.
- Jonassen David H. (1992). « Adding intelligence to hypertext with expert systems and adding usability to expert systems with hypertext », in Oliveira Armando, ed., *op.cit.*, p. 188-204.
- Jonassen David H. (1993). « Effects of semantically structured hypertext knowledge bases on users' knowledge structures », in McKnight Cliff, Dillon Andrew et Richardson John, eds. *Hypertext. A psychological perspective*, Ellis Horwood, Chichester, p. 153-168.
- Jonassen David et Mandl Heinz, éd. (1990). *Designing hypermedia for learning*, Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop at Rottenburg, 3-9 juil 89, Springer Verlag, Heidelberg, 457 p.
- Jonassen David H. et Wang S. (1993). « Acquiring structural knowledge from semantically structured hypertext », *Journal of Computer-Based Interaction*, Vol. 20, n° 1, p. 1-8.
- Le Ny Jean-François (1989). *Science cognitive et compréhension du langage*, PUF, Paris, 249 p.
- Mannes Suzanne (1988). « A theoretical interpretation of learning vs. memorizing text », in Denhière Guy et Mandl Heinz, eds. (1988). *op.cit.* p. 157-162.
- Marshall Catherine C. et Rogers Russell A. (1992). « Two years before the mist : experience with Aquanet », in Lucarella Dario et al., eds. *ECHT'92*, ACM Press, Proceedings of the 4th ACM Conference on Hypertext at Milano, 30 nov - 4 dec, New York, p. 53-62.
- Mendelshon Patrick et Dillenbourg Pierre (1993). « Le développement de l'enseignement intelligemment assisté par ordinateur », in Le Ny Jean-François, éd. *Intelligence naturelle et intelligence artificielle*, PUF, Symposium de l'APSLF à Rome, Sept 91, Paris.
- Myles-Worsley Marina, Johnston William A. et Simons Margaret A. (1988). « The influence of expertise on X-Ray image processing », *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory and Cognition*, Vol. 14, n° 3, p. 553-557.
- Nanard Jocelyne et Nanard Marc (1991). « Using structured types to incorporate knowledge in hypertext », *Hypertext'91 Proceedings*, ACM Press, San Antonio, 15-18 Dec, New York, p. 329-344.
- Nanard Jocelyne et Nanard Marc (1993). « Should anchors be typed too ? An experiment with MacWeb », *Hypertext'93 Proceedings*, ACM Press, Seattle, 14-18 Nov, New York, p. 51-62.
- Norman Don A. (1984). « Stages and levels in man-machine interaction », *International Journal of Man-Machine Studies*, Vol. 21, n° 4, p. 365-375.
- Norman Geoffrey R. et al. (1992). « The correlation of feature identification and category judgments in diagnostic radiology », *Memory et Cognition*, Vol. 20, n° 4, p. 344-355.
- Pellegrin Lilianne (1995). *Représentation de connaissances expertes à l'aide d'un réseau sémantique activé*, Thèse de Doctorat de l'Université de Provence, spécialité Psychologie Cognitive, Aix-en-Provence.
- Reader Will et Hammond Nick (1994). « Computer-based tools to support learning from hypertext : concept mapping tools and beyond », *Computers Education*, Vol. 22, n° 1/2, p. 99-106.

- Richard Jean-François (1990). *Les activités mentales*, Armand Colin, Paris, 435 p.
- Rouet Jean-François et Tricot André (1995). « Recherche d'informations dans les systèmes hypertextes : des représentations de la tâche à un modèle de l'activité cognitive », *Sciences et Techniques Educatives*, Vol. 2, n° 3, p. 307-331.
- Rouet Jean-François et Tricot André (sous presse). « Task and activity models in hypertext usage », in van Oostendorp Herre, ed. *Cognitive aspects of electronic text processing*, Ablex Publishing, Norwood.
- Rumelhart David E. et Norman Don A. (1978). « Accretion, tuning and restructuring : three models of learning », in Anderson R.C., Cotton, J.W., et Klatzky R., eds. *Semantic factors in cognition*, Lawrence Erlbaum, Hillsdale.
- Salazar-Ferrer Pascal (1995). *Le raisonnement causal dans la modélisation de l'activité cognitive d'opérateurs de chaufferie nucléaire navale*, Thèse de Doctorat de l'Université de Provence, spécialité Psychologie Cognitive, Aix-en-Provence.
- Schank Roger C. et Abelson R.P. (1977). *Scripts, plans, goals and understanding*, Lawrence Erlbaum, Hillsdale.
- Smeaton Alan F. (1991). « Using hypertext for computer based learning », *Computers Education*, Vol. 17, n° 3, p. 173-179.
- Streitz Norbert A., Hannemann Jürgen et Thüring Manfred (1989). « From ideas and arguments to hyperdocuments : travelling through activity spaces », *Hypertext'89 Proceedings*, ACM Press, Pittsburgh, 5-8 Nov, New York, p. 343-364.
- Suchman Lucy (1987). *Plans and situated action : The problem of human-machine communication*, Cambridge University Press, New York.
- Thorndyke P.W. et Hayes-Roth Barbara (1979). « The use of schemata in the acquisition of transfert of knowledge », *Cognitive Psychology*, Vol. 11, p. 82-106.
- Tricot André (1993). « Stratégies de navigation et stratégies d'apprentissage : pour l'approche expérimentale d'un problème cognitif », in Baron Georges-Louis, Baudé Jacques et de La Passardière Brigitte, eds. *Hypermédias et Apprentissages 2*, INRP, Actes des 2° journées scientifiques, Lille, Mars 93, Paris, p. 21-38.
- Tricot André (1994). « A quels types d'apprentissages les logiciels hypermédia peuvent-ils être utiles ? Un point sur la question en 1994 », *La Revue de l'EPI*, n° 76, p. 97-112.
- Tricot André (1995a). *Modélisation des processus cognitifs impliqués par la navigation dans les hypermédias*, Thèse de Doctorat de l'Université de Provence, spécialité Psychologie Cognitive, Aix-en-Provence.
- Tricot André (1995b). « Un point sur l'ergonomie des interfaces hypermédia ». *Le Travail Humain*, Vol. 58, n° 1, p. 17-45.
- Wright Patricia (1990). « Hypertext as an interface for learners : some human factors issues », in Jonassen David et Mandl Heinz, eds. (1990). *op. cit.* p. 169-184.