

## Chapitre 8

### Les cartes des connaissances : des aides à la construction des connaissances

*Béatrice Pudelko, Josianne Basque, Denis Legros*

#### 1. Introduction

L'objectif initial de la recherche proposée dans l'axe 2.1.1. du projet initial sous le titre *Étude des stratégies de compréhension dans la construction des représentations à l'aide d'hypertextes* était d'analyser les processus et les stratégies de compréhension nécessaires à l'établissement de la cohérence des représentations construites par des sujets au cours de la lecture de textes et d'hypertextes au sein d'environnements virtuels d'apprentissage. Plus précisément, nous avons voulu à la fois expliciter et analyser les stratégies mises en œuvre par les apprenants durant l'activité de construction de la représentation du contenu sémantique des textes et évaluer l'efficacité de ces stratégies dans le cadre des nouveaux environnements d'apprentissage. Dans ce cadre, nous nous sommes d'abord intéressés aux “ cartes conceptuelles ” sorte de navigateurs graphiques conçus pour aider les apprenants à la construction de la cohérence des représentations lors de la navigation dans les hypertextes. Du fait de notre collaboration de recherche avec le LICEF, nous avons pu recueillir des observations informelles sur l'utilisation du logiciel MOT (Modélisation par Objets Typés), développé au Centre de recherche LICEF de la Télé-université du Québec<sup>1</sup>, et qui est un outil permettant de représenter graphiquement les connaissances et leurs relations. Ces observations ont été faites dans le cadre d'un cours universitaire diffusé en ligne<sup>2</sup> et dans lequel les étudiants utilisent le logiciel MOT pour représenter les connaissances construites au cours de la lecture d'une série de textes. De plus, nous<sup>3</sup> avons pu participer à des recherches amorcées par Josianne Basque sur les stratégies métacognitives mises en œuvre par des téléapprenants en situation de co-construction de cartes conceptuelles. Les réflexions issues de cet échange nous ont conduits à nous intéresser aux effets de la *construction* par l'apprenant d'une carte de connaissances sur la construction des représentations du domaine évoqué par un texte, plutôt que sur les effets de la *lecture* d'une carte des connaissances.

Cet objectif répond à un besoin mis en évidence par les nombreuses recherches consacrées aux rôles des TICE dans l'apprentissage (Grandbastien & Bruillard, 2001 ; Legros et Crinon, 2002 ; Means & Golan, 1998). Les étudiants doivent en effet non seulement savoir accéder aux ressources informationnelles, mais ils doivent surtout s'approprier leur contenu. En particulier, ils doivent être capables de lire et de comprendre les informations véhiculées par les textes et les hypertextes, (Mesnager, 1999 ; Pudelko, Crinon & Legros, 2002), mais aussi de hiérarchiser et de sélectionner les informations, en fonction de leur importance relative et de leur pertinence par rapport aux buts de lecture. La construction de la signification d'un texte, c'est-à-dire de la représentation de son contenu sémantique est une opération très complexe et qui a fait l'objet de recherches multiples dans le domaine de la psychologie cognitive du traitement du texte (Denhière & Baudet, 1992). La construction de la représentation d'un domaine du monde ou d'un micromonde évoqué par un ensemble de

---

<sup>1</sup> Il est possible de télécharger une version d'essai du logiciel MOT sur le site du LICEF : <http://www.licef.telug.quebec.ca>.

<sup>2</sup> Cours EDU 6200 “ sciences cognitives et apprentissage ”, offert à la Télé-université.

<sup>3</sup> Béatrice Pudelko

textes et d'hypertextes est une opération encore plus complexe (Ferstl & Kintsch, 1999 ; Perfetti, Rouet & Britt, 1999), en raison de l'hétérogénéité des médias inhérente aux hypermédias et de la nécessité pour le lecteur de tenir compte de la diversité des visées de présentation de l'information et des niveaux différents de la structuration de celle-ci. Elle oblige le lecteur à un travail de prise de conscience conceptuelle de l'activité, qui était jusque-là réservée à l'ordre de la métacognition, et qu'on peut appeler ici une *métalecture* (Bélisle, 1999, p. 66).

La *carte conceptuelle* (*concept map*), figure parmi les outils conçus pour faciliter la construction de la cohérence de la représentation des textes et hypertextes. Elle consiste en représentation graphique, sous forme de nœuds et d'arcs, des connaissances du domaine évoqué par ces textes. Dans les hypertextes, la carte conceptuelle est souvent proposée comme “ navigateur graphique ” (*graphical browser*), dans le but d'offrir une visualisation de la *méta-structure* des informations représentées dans l'hypertexte (Balpe, 1997). Dans les recherches sur la conception des hypertextes à visée éducative, la conception de ce type d'outils d'explicitation de la méta-structure de l'hypertexte s'appuie sur l'hypothèse selon laquelle la représentation sous-jacente au texte du réseau sémantique des connaissances de l'expert facilite l'apprentissage du domaine de connaissances représenté (Jonassen, 1988 ; 1990 ; Eklund, 1996). Cependant, les travaux empiriques ont montré que la lecture d'un texte structuré à l'aide du réseau sémantique des connaissances du domaine ne suffit pas pour faciliter l'apprentissage (Lehtinen, Balcytiene & Gustafsson, 1993 ; Tergan, 1997). De façon similaire, l'aide fournie par les cartes conceptuelles n'est pas suffisante pour inciter les apprenants à construire activement leur propre réseau des connaissances (Pudelko & Legros, 2002).

Les recherches de McDonald et Stevenson (1999) indiquent qu'il faut distinguer entre les effets des cartes graphiques sur les stratégies de navigation dans un hypermédia et les effets sur les stratégies de construction de la représentation du domaine présenté. En effet, si l'on peut avancer que les cartes graphiques facilitent réellement la navigation, leurs effets sur la compréhension, mesurés par les tests des connaissances et le rappel des contenus des nœuds parcourus, ne semblent pas différer de ceux obtenus avec des aides linéaires textuelles (telles que les sommaires). McDonald et Stevenson en tirent une conclusion importante, à savoir qu'une navigation efficace ne suffit pas pour apprendre. De plus, Goldman (1996) considère que “ trop aider, c'est mal aider ” et que fournir des aides pour faciliter la consultation d'un hypermédia peut générer des effets néfastes sur la mise en œuvre, la gestion et le contrôle métacognitif des stratégies d'apprentissage nécessaires pour une construction des connaissances autonome et efficace.

Aujourd'hui, l'évolution de la conception des environnements d'apprentissage informatisés s'oriente de plus en plus vers des environnements “ collaboratifs ” dans lesquels une grande part des activités est dévolue aux échanges entre pairs et avec le tuteur ou l'enseignant. Cependant, dans la grande majorité de ces environnements, les textes demeurent (et sont, à notre avis, appelés à demeurer) la ressource principale des apprentissages. Même dans les cours entièrement en ligne (sur le Web), vient le moment où l'étudiant se retrouve seul face au texte. Pour répondre aux interrogations que la lecture du texte peut soulever chez l'apprenant, l'intervention du tuteur et les échanges entre pairs sont certes utiles, mais ne sont probablement pas suffisants pour aider l'apprenant à construire une représentation cohérente du domaine. C'est pourquoi, de nombreux chercheurs travaillent à élaborer des outils d'aide à la *pensée réflexive*. Les capacités de pensée réflexive, regroupées sous la dénomination commune de métacognition sont une composante essentielle de l'apprentissage (Lafortune, Jacob, Hébert, 2000 ; Lafortune, Mongeau & Pallascio, 1998). Elles permettent une utilisation efficace des

connaissances antérieures et favorisent l’organisation et la gestion des informations et des ressources de la tâche (Bransford & Nitsch, 1978 ; Brown, Bransford, Ferrara & Campione, 1983 ; Flavell, 1987 ; Scardamalia & Bereiter, 1991). La métacognition est souvent présentée comme la marque d’un comportement intellectuel efficace et comme la condition d’un apprentissage réussi (Boekaerts, 1999 ; Clark, 2001 ; Deschênes, 1993 ; Doudin, 1999). Or, de nombreuses recherches montrent que, sans un support approprié, les étudiants ont du mal à s’engager dans la pensée réflexive et sont rarement capables de juger les limites de leur compréhension ou d’adopter une attitude critique envers les sources d’information ou envers les personnes.

Par conséquent, l’un des défis majeurs dans le domaine des apprentissages avec les TIC est de proposer aux apprenants des outils qui favorisent le déploiement d’une activité réflexive au cours du processus de traitement des informations mises à leur disposition dans et en dehors de l’environnement d’apprentissage.

Pour notre part, nous nous sommes intéressés à la construction de cartes des connaissances par l’apprenant, comme moyen de l’engager dans une construction active de sa représentation durant le processus même de la lecture d’un texte, et, comme c’est plus souvent le cas, de plusieurs textes d’un même domaine. La recherche que nous présentons ici constitue la phase préliminaire d’un programme de recherche que nous souhaitons développer en collaboration avec le centre de recherche LICEF, et plus particulièrement avec Josianne Basque et Gilbert Paquette.

## **2. Les outils d’aide à la construction active des connaissances**

Il existe de nombreux outils d’aide à la construction active des connaissances qui visent à favoriser le contrôle et la gestion de l’ensemble des processus d’exploration des informations et de construction des connaissances des domaines du monde. Pour illustrer la richesse et la diversité des travaux engagés dans cette perspective, nous présentons ici différents outils informatisés existants, selon la typologie descriptive élaborée par Lin et ses collègues (Lin, Hmelo, Kinzer & Secules, 1999). Ces auteurs catégorisent les outils technologiques conçus dans le but de supporter la réflexion sur les processus cognitifs et la démarche d’apprentissage d’un domaine en fonction de quatre stratégies principales : 1) la visualisation du processus de résolution de problème ou du processus de pensée (*process display*) ; 2) l’incitation à s’engager dans un processus métacognitif (*process prompts*) ; 3) la modélisation du processus (*process models*) et 4) la conversation à caractère réflexif.

### ***La visualisation du processus de résolution de problème ou du processus de pensée (process display)***

L’outil enregistre les actions de l’apprenant dans l’environnement et permet ensuite à l’apprenant de les revoir sur demande ou en réponse à certaines de ses actions. Par exemple, le *Geometry Tutor* de (Anderson, 1986) présente à l’apprenant des diagrammes de ses propres cheminements de solution. Le programme *DARN* (Discovery and Reflection Notation) de Shauble et al. (1993) fournit des artefacts capables de visualiser une représentation graphique des processus d’expérimentation en sciences, et ce, selon plusieurs perspectives.

### ***Les incitatifs à s’engager dans un processus métacognitif (process prompts)***

Il s’agit d’amener l’étudiant à expliquer, à superviser et à évaluer ce qu’il fait avant, pendant et après l’apprentissage en dirigeant son attention sur des aspects spécifiques du processus d’apprentissage et en lui posant différentes questions. Les incitatifs peuvent être :

- fournis par le système lui-même, comme dans *Bgulle* (*Biology Guided Inquiry Learning Environment*) de Tabak et Reiser (1997) dans lequel les étudiants peuvent sélectionner à tout moment un type de questions

pertinentes pour les aider à réaliser leur tâche ou à construire leurs propres questions. Ils utilisent pour cela des “ questions-racines ” (*question-stems*) fournies par le programme, *Isopod Simulation* de Lin et Lehman (sous presse). Ce programme propose des questions sur la façon d’organiser leur expérimentation et *CIRCSIM-Tutor* de Hume, Michael, Rovick & Evens. (1996) et offre des incitatifs fondés sur les erreurs des étudiants ;

- fournis par l’étudiant lui-même, en s’appuyant sur les “ questions-racines ” suggérées par le système. C’est le cas dans *Thinker Tool* (White & Frederiksen, 1998) qui invite les étudiants à évaluer leur travail selon des critères fournis après une simulation d’expérimentations en physique ;

- fournis par les pairs ou les tuteurs dans des échanges en ligne. Les pairs et les tuteurs incitent alors explicitement les étudiants à réfléchir et à discuter de leur apprentissage.

### ***La modélisation de processus (process models)***

Il s’agit ici d’offrir des modèles de fonctionnement des processus cognitifs utilisés par un expert, de manière à permettre à l’étudiant de comparer sa propre activité cognitive à celle de l’expert. Il peut s’agir aussi d’être guidé au plan métacognitif au cours de sa démarche. *ASK Jasper* de Williams et al. (1996) offre, par exemple, une banque d’exemples annotés par des experts. Le logiciel *Model-it* de Jacson et al. (1998) permet notamment aux apprenants de spécifier leur plan d’expérimentation scientifique et leurs prédictions des résultats et de recevoir des suggestions au fur et à mesure de leur expérimentation qui fait référence à leur plan de départ.

### ***La conversation à caractère réflexif***

Il s’agit ici de miser sur les interactions sociales, afin de stimuler un discours d’ordre métacognitif, comme dans le modèle *CSILE (Computer Supported Intentional Learning Environment)* de Scardamalia (1989) ou *GLOBE (Global Learning and Observations to Benefit the Environment)* (Lawles & Coppola ; 1998 ; Means, 1997) et *Co-Vis (Learning through collaborative visualization)* (Pea, 1994).

## **2.a. La carte de connaissances : un outil de construction de la représentation des connaissances**

Les outils de modélisation graphique des connaissances peuvent être considérés comme des outils de visualisation des processus de pensée et/ou d’apprentissage. Cependant, à la différence des outils de visualisation tels que ceux décrits par Lin et al., dans lesquels la représentation graphique est générée par le système, dans les outils de modélisation graphique, la représentation graphique est un processus initié et géré par l’apprenant. En effet, ces outils visent à favoriser chez les utilisateurs l’explicitation de l’activité de contrôle et de gestion des processus de construction des connaissances, et donc la construction des métaconnaissances. Ils amènent les utilisateurs à décrire et à justifier, en fonction des principes inhérents à l’outil, la relation entre les connaissances.

La recherche sur les cartes conceptuelles s’est développée dans les années 1980, surtout dans le domaine de l’enseignement des sciences. Les recherches de cette époque proposent aux étudiants un outil fort simple : papier/crayon/ colle. En 1990, Novak recense une centaine de ces recherches, publiées pour la plupart dans l’*International Journal of Teaching Science*, revue qui présente en 1990 un numéro spécial sur ce sujet.

Depuis une dizaine d’années, on assiste à l’apparition d’outils logiciels permettant la construction, la représentation graphique et la visualisation des connaissances d’un domaine, en relation avec la popularité croissante du concept d’hypertexte, le développement de ses applications éducatives, mais aussi la programmation orientée objet. Parmi les différents logiciels de construction des cartes des connaissances qui ont été élaborés, une première distinction peut être faite entre les outils expressément dédiés à cette activité (par

exemple, *VisiMap*, *Inspiration*, *SemNet*) et les outils non dédiés, mais qui peuvent servir à la construction de la carte, par exemple les outils graphiques, tels que *Visio* ou *Power Point*. Certains des outils dédiés offrent quelques fonctionnalités de travail collaboratif lors de la construction des cartes, soit en mode synchrone (*Smart Ideas* jumelé à un *SmartBoard*), soit en mode asynchrone (*Cmap*).

Dans les outils dédiés, les processus de construction d’une carte des connaissances peuvent être contraints ou non par l’usage d’un formalisme graphique différencié. Les connaissances sont généralement représentées par des mots, parfois encadrées d’une forme géométrique. Quant aux liens entre les connaissances, ils sont généralement représentés par des traits ou des flèches. La majorité des outils actuels ne proposent pas de typologie de liens.

À cet égard, notons que Dansereau et Holley (1984) ont comparé les effets de la contrainte ou non de l’activité de construction de cartes des connaissances sur la performance des étudiants. Les résultats montrent que les étudiants ayant des habiletés verbales faibles profitent davantage de l’approche contrainte, alors que ceux ayant de meilleures habiletés verbales peuvent profiter de la stratégie moins structurée.

La question du nombre “ idéal ” de liens dans l’approche contrainte a aussi été explorée. Les étudiants ayant participé à une recherche de Dansereau (1978) ont jugé qu’un système à six liens est insuffisant, alors que celui à treize liens est difficile à appliquer. Dans des travaux ultérieurs, les auteurs montrent qu’un système à six liens est un bon compromis entre la généralité et la spécificité (Dansereau & Holley, 1982).

La représentation graphique produite à l’aide de ces outils est désignée par plusieurs termes : “ carte conceptuelle ” (*concept map*) (sans doute le terme le plus utilisé à ce jour), “ carte ” ou “ réseau sémantique ” (*semantic map*, *semantic network*), “ modèle mental ” (*mental model*), “ réseau des connaissances ” (*knowledge network*) ou encore “ modèle de connaissances ” (*knowledge model*).

Le choix du terme utilisé pour nommer ce type de représentation graphique n’est pas neutre. Il est relié le plus souvent à une théorie (explicite ou implicite) de l’organisation des connaissances en mémoire. Ainsi, le fait que certains termes spécifient un type de connaissances particulier, soit des connaissances *conceptuelles*, est, de notre point de vue, problématique à double titre :

1) tout d’abord, en psychologie cognitive, le terme *concept* renvoie à une conception générique des connaissances et décrit une entité de significations définies en intension et en extension. Ce terme laisse ainsi ouverte la question de savoir si l’extension est constituée par le monde objectif ou par le monde expérimenté. En revanche, dans le champ éducatif, le sens du terme *concept* est restreint habituellement à une connaissance présumée objective (dans le sens “ prouvée scientifiquement ”) ;

2) ensuite, ce terme limite le champ des connaissances conceptuelles aux connaissances déclaratives (le *quoi*), alors que celles-ci, du point de vue de la psychologie cognitive, concernent aussi les connaissances procédurales (le *comment*) et les connaissances conditionnelles (le *quand*). Ces deux derniers types de connaissances sont issus de la conceptualisation de l’action, un processus essentiel pour l’apprentissage (Weil-Fassina, Rabardel & Dubois, 1993). On sait que les connaissances représentées dans les textes ne sont pas uniquement de nature déclarative.

Une autre difficulté reliée au nom que l’on peut donner à cet outil provient de la référence qui peut être faite à une théorie de la structuration mentale des connaissances en mémoire, par exemple, le réseau sémantique, le réseau associatif ou le modèle mental..

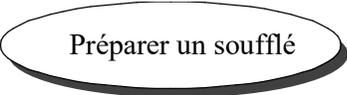
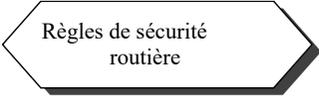
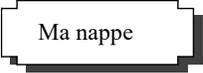
Nous avons constaté que ce parti pris conduit les auteurs à des prises de positions particulières sur la conception du fonctionnement de la mémoire, et, par conséquent, sur la construction des connaissances. Pour notre part, nous pensons que ces prises de positions à la base de la conception des méthodes pédagogiques, l’opérationnalisation des principes de construction des outils et la recherche empirique sur les effets des méthodes et des outils sur l’apprentissage, nécessitent une explicitation théorique approfondie, avant d’entreprendre une investigation empirique du phénomène.

C’est pourquoi, en raison du manque de consensus dans le domaine et étant donné le caractère novateur de ce champ de recherche, nous préférons adopter une expression plus neutre et plus générique de *carte de connaissances*. Dans cette perspective, nous proposons la définition générale suivante : *Une carte des connaissances est une représentation d’un domaine de connaissances sous forme d’un réseau d’objets graphiques simples, selon une convention pré-établie, dans l’objectif général d’aider à la construction de la cohérence de la représentation de ce domaine.*

## 2. b. La représentation des connaissances avec MOT

Nous présenterons ici le logiciel de modélisation des connaissances MOT (pour Modélisation par Objets Typés), que nous privilégions dans nos recherches. Ce logiciel adopte l’approche contrainte de modélisation des connaissances. Plus spécifiquement, le concepteur principal de ce logiciel, Gilbert Paquette (1996 ; 2002a) propose de distinguer quatre grands types de connaissances en utilisant des formes géométriques différentes. La taxonomie employée est représentée dans le tableau 1.

**Tableau 1** : Formes géométriques employées pour désigner les types de connaissances dans le logiciel MOT (1996 ; 2002a)

Connaissances	Formes géométriques	Exemple
<i>Concept</i>	Rectangle	
<i>Procédure</i>	Ovale	
<i>Principe</i>	Hexagone	
<i>Fait</i>	Rectangle aux coins coupés	

Les relations entre ces quatre types de connaissances sont contraintes par une grammaire de liens représentée dans le tableau 2.

**Tableau 2** : Types de liens entre des connaissances selon Paquette (1996 ; 2002)

Type de liens	Description	Libellé	Exemples
<i>Lien de spécialisation</i>	Met en relation deux connaissances de même type dont l’une est “ une sorte de ”, un cas particulier de l’autre.	<i>A est une sorte de B.</i>	La berline est une sorte d’automobile.
<i>Lien de composition</i>	Relie une connaissance à l’une de ses composantes ou de ses parties constitutives.	<i>A se compose de B.</i>	Une automobile se compose d’une carrosserie, de roues, etc.
<i>Lien de régulation</i>	Relie un principe à une connaissance de type <i>concept, procédure</i> ou <i>principe</i> . Dans le premier cas, le principe définit des contraintes à satisfaire ou établit une loi ou une relation entre deux ou plusieurs concepts. Dans les deuxième et troisième cas, le lien de régulation signifie que le principe contrôle l’exécution d’une procédure ou la sélection d’autres principes.	<i>A régit B.</i>	Les règles de sécurité routière régissent la procédure “ Conduire une voiture ”.
<i>Lien intrant-produit</i>	Relie soit un concept à une procédure, le concept étant l’intrant de la procédure, ou une procédure à un concept, celui-ci étant le résultat de la procédure.	<i>A est un concept intrant ou un produit d’une procédure B.</i>	Le concept “ clé de l’automobile ” est un intrant à la procédure “ Conduire une automobile ”.
<i>Lien de précédence</i>	Relie deux connaissances de type procédure ou principe, ou la première doit être terminée ou évaluée avant que la seconde ne débute ou ne puisse être appliquée.	<i>A précède B.</i>	La procédure “ Mettre la clé de l’automobile dans le démarreur ” précède la procédure “ Embrayer ”.
<i>Lien d’instanciation</i>	Relie un concept, une procédure et un principe à une instance (ou un exemple) de ces connaissances.	<i>A est une instance de B.</i>	L’automobile de Jean est une instance du concept “ les automobiles Renault ”.

La figure 1 présente un modèle de connaissances qui représente de manière simplifiée et non exhaustive l’activité de rédaction d’un texte.

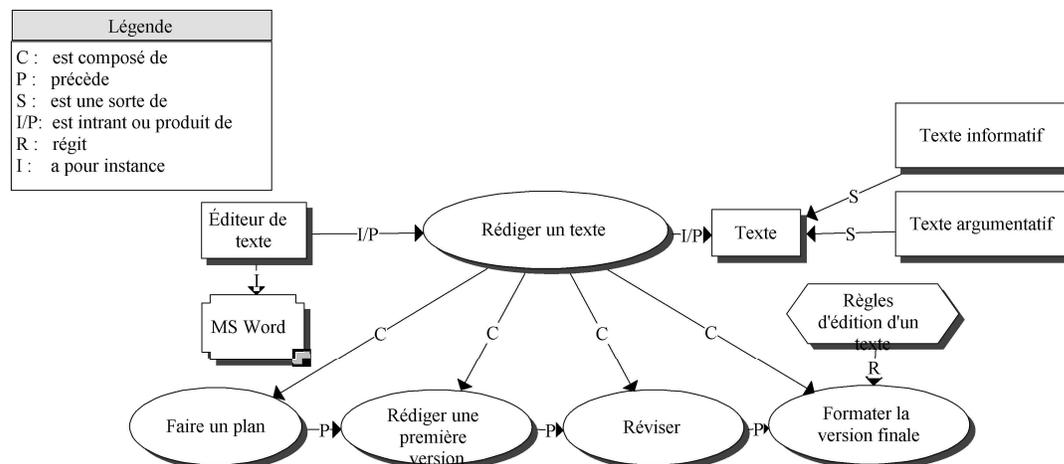


Figure 1 : Modèle de connaissance de l’activité de rédaction

Cet outil, qui a été utilisé essentiellement comme support à des activités de conception d’environnements d’apprentissage, s’intègre dans la Méthode d’ingénierie des systèmes d’apprentissage développée par Gilbert Paquette et l’équipe du LICEF. Tel que mentionné plus haut, le logiciel MOT a également été expérimenté comme outil d’aide à la construction des connaissances dans le cadre d’un cours en ligne conçu sous la direction de Josianne Basque et diffusé avec un encadrement pédagogique offert par Béatrice Pudelko. Notre recherche a pour origine les questions sur la problématique de la construction des connaissances dans le cadre d’une activité de construction de réseau des connaissances avec MOT à partir de la lecture des textes obligatoires dans ce cours posée à l’occasion du bilan de la mise à l’essai de ce cours.

### **3. Les usages de la carte de connaissances à des fins d’enseignement et d’apprentissage**

Notre revue de la littérature (Basque & Pudelko, en préparation) nous conduit à distinguer six principaux types d’usage de la carte de connaissances dans le contexte éducatif :

- comme support au design pédagogique ;
- comme support didactique ;
- comme outil de méta-apprentissage ;
- comme outil de co-apprentissage.
- comme outil d’apprentissage ;
- comme outil de diagnostic ou d’évaluation des apprentissages ;

Après une présentation succincte des 4 premiers types d’usage<sup>4</sup>, nous présenterons une revue des recherches sur les usages des cartes des connaissances comme outil d’apprentissage et comme outil de diagnostic ou d’évaluation des apprentissages.

#### ***La carte des connaissances comme support au design pédagogique***

La modélisation des connaissances peut constituer une méthode de planification d’un système d’apprentissage (cours, leçon, logiciel éducatif, etc.), pour un enseignant ou un concepteur pédagogique. Elle passe par l’identification de l’ensemble des éléments de contenu sous la forme d’une carte de connaissances plutôt que sous la forme d’une simple liste ou d’une table des matières. Cette méthode permet à l’enseignant ou au concepteur de visualiser l’articulation entre les concepts à enseigner et de mettre davantage l’accent sur la structuration des connaissances visées.

#### ***La carte des connaissances comme support didactique***

En situation d’apprentissage, l’enseignant peut fournir aux étudiants une carte de connaissances, afin de leur offrir une vue graphique et schématique de l’ensemble des connaissances visées ou une synthèse des idées clés d’un domaine de connaissances sur lesquelles ces derniers ont intérêt à se concentrer.

---

<sup>4</sup> Traités largement dans le Rapport scientifique LICEF, Basque et Pudelko, en révision.

### ***La carte des connaissances comme un outil de méta-apprentissage***

Construire une représentation externe des connaissances constitue également une activité propre à favoriser le méta-apprentissage, puisque la construction de la carte de connaissances est un moyen de maîtriser son propre processus de construction des connaissances et, par conséquent, d’agir activement sur son processus d’apprentissage. Pour Novak et Gowin (1984), l’activité de construction d’une carte de connaissances permet d’“ apprendre à apprendre ”.

### ***La carte des connaissances comme un outil de co-apprentissage***

Les cartes de connaissances sont, pour Novak (1984) des bases de discussion, et leur usage est plutôt collectif qu’individuel. La construction de cartes de connaissances en groupe peut favoriser les échanges entre les apprenants, aussi bien sur les concepts que sur leur structuration (par exemple, on peut débattre de la présence ou de l’absence de certains concepts, discuter de la validité des liens, repérer des liens manquants).

### **3.a. La carte de connaissances comme outil d’apprentissage**

Les recherches consacrées à l’étude de la construction des connaissances à l’aide de la carte des connaissances peuvent être catégorisées selon le but de la construction de la carte tel qu’assigné par l’enseignant ou le chercheur. À l’origine de ces travaux initiés dans les années 80, nous distinguons deux grandes catégories de recherches : 1) les travaux menés dans la perspective de construction de représentations à partir des textes par les chercheurs en psychologie cognitive, et 2) les travaux menés dans la perspective de l’apprentissage signifiant par les chercheurs et les enseignants en éducation.

#### ***1) La construction de représentations spatiales de connaissances, conçue comme une stratégie de construction de la cohérence des représentations à partir des textes***

Au début des années 80, sous l’impulsion des travaux mettant en avant le rôle actif de l’apprenant dans l’apprentissage, et, plus précisément, le rôle actif du lecteur dans la construction des représentations durant la lecture des textes, différentes recherches ont tenté de mettre en évidence les stratégies de lecture active. L’apprentissage par cœur, se basant sur la lecture répétée du texte, ne constitue pas une stratégie efficace de construction des connaissances, tout particulièrement dans les domaines scientifiques. De plus, on constate que, faute de pouvoir proposer aux élèves des stratégies d’apprentissage plus actives, on finit par les décourager à essayer de comprendre, ce qui les conduit inévitablement à développer des sentiments d’incapacité et la croyance d’avoir peu d’emprise sur leurs propres processus d’apprentissage (Dansereau & Holley, 1982).

Les travaux sur les stratégies actives d’“ apprentissage spatial ” (*spatial learning*) proposent aux étudiants de re-représenter le texte, c’est-à-dire de le convertir en représentations schématiques bi-dimensionnelles, composées de nœuds et d’arcs. Les nœuds représentent les idées importantes ou les concepts, et les liens, les relations entre les concepts. Contrairement aux techniques de représentation spatiale des connaissances *dépendantes du domaine*, comme les diagrammes, les *flowcharts* ou les tableaux, les techniques développées par les chercheurs travaillant dans l’optique de l’apprentissage spatial comme le *networking* et le *mapping* sont considérées par les auteurs comme *indépendantes du domaine* et, de ce fait, peuvent être utilisées pour favoriser la compréhension des textes décrivant divers domaines de connaissances.

La technique du *networking*, développée par Dansereau et Holley et leurs collègues (Dansereau & Holley, 1982 ; Holley et al., 1978 ; 1979), vise à proposer aux étudiants une stratégie active d’apprentissage à partir des

textes. Les étudiants identifient les concepts ou les idées importantes dans le texte et représentent leurs relations sous forme de réseau. Un ensemble de liens typés est fourni aux étudiants pour les aider à coder les relations entre les idées. L’accent est mis sur l’identification et la représentation des hiérarchies parties-tout, des chaînes (lignes de raisonnement temporel, causal) et des ensembles (caractéristiques, définitions, analogies). Les étudiants sont entraînés à utiliser les noms des relations comme des indices de rappel. Le processus de construction de réseau est utilisé comme une méthode pour organiser le matériel à apprendre avant d’effectuer la tâche de rappel.

Les expérimentations menées par ces auteurs ont montré que les étudiants utilisant cette stratégie de traitement du texte obtiennent de meilleures performances à des tests de rappel que les étudiants utilisant leurs propres stratégies (Dansereau et al., 1979 ; Holley et al., 1978 ; 1979).

La technique du *mapping*, développée par T. H. Anderson et ses collègues (Anderson, 1979 ; Anderson & Ambruster, 1981 ; Ambruster & Schallert, 1980), consiste à proposer aux étudiants une grammaire pour décrire les relations entre les idées représentées de façon *spatiale*, i.e. les formes graphiques diffèrent en fonction de la relation que les concepts (idées) entretiennent entre eux. Les études menées sur l’utilisation de cette technique ont montré qu’elle facilite le rappel de courts textes narratifs (Ambruster & Anderson, 1980).

Des recherches conduites sur le rôle de l’apprentissage spatial dans les activités de compréhension de textes ont mis en évidence le rôle facilitateur de certaines techniques de représentation spatiale sur les processus de traitement (Breuker, 1984). Ces techniques exigent en effet de l’apprenant qu’il s’engage dans un certain nombre d’activités facilitatrices de la compréhension du texte, à savoir :

- Une représentation visuelle des idées représentées ;
- Un traitement plus profond pour déterminer les concepts clés et leurs relations ;
- La création d’un schéma pour traiter le texte ;
- La réorganisation de l’information du texte ;
- Le développement de systèmes d’indices pour faciliter le rappel.

Selon ces auteurs, l’amélioration des performances de construction de la représentation et de rappel est probablement due à l’ensemble de ces facteurs.

## **2) Stratégie de construction de connaissances déclaratives, conçue comme une stratégie de construction de la cohérence des représentations de domaines scientifiques.**

Les travaux de Novak se situent dans la perspective de l’apprentissage signifiant d’Ausubel (Ausubel, 1968 ; Ausubel, Novak & Hanesian, 1978), et proposent une démarche de construction des cartes des connaissances (*concept map*) conçue comme une stratégie de construction du *modèle* du domaine pouvant avoir lieu à un moment précis du parcours d’apprentissage ou comme une activité effectuée tout au long du parcours. Le produit de cette activité, la carte des connaissances, fournit à l’apprenant une vue schématique ou synthétique de ce qu’il sait déjà dans le domaine d’étude ou de ce qu’il vient d’apprendre dans ce domaine.

Dès le début de ses travaux, Novak s’intéresse aux bénéfices concrets que la méthode de la carte des connaissances peut apporter aux apprenants dans le contexte d’enseignement scolaire, essentiellement dans le domaine des sciences (Novak, 1977 ; Novak & Gowin, 1984 ; Novak, 1998). Sa méthode vise explicitement à faciliter l’activité de structuration des connaissances déclaratives sous format propositionnel. Novak, à la suite

d’Ausubel, définit les concepts comme *la régularité perçue dans les événements ou les objets et sont désignés par une étiquette (label) i.e. un mot*. Cette définition est à la base de la distinction opérée par ces auteurs entre l’apprentissage *représentationnel* et l’apprentissage *propositionnel*.

L’apprentissage *représentationnel* a lieu quand l’apprenant reconnaît un mot comme une *étiquette* appropriée pour un objet spécifique, un événement ou une catégorie d’événements ou d’objets. Cet apprentissage peut précéder l’apprentissage du concept, c’est-à-dire des attributs génériques ou des régularités dans les événements ou objets. Novak déplore le fait que, trop souvent, les apprentissages scolaires sont des apprentissages uniquement représentationnels. En revanche, l’apprentissage *propositionnel* a lieu lorsque les mots sont combinés pour former une proposition sur un événement, un objet ou une idée, et la signification d’un concept est alors acquise à travers l’ensemble des propositions qui peuvent le contenir. Ainsi, la richesse de la signification croît avec le nombre de propositions valides que l’on apprend et qui relie un concept aux autres concepts. De son point de vue, les cartes conceptuelles constituent des outils pour représenter les réseaux propositionnels de signification qu’un individu attribue à un ensemble de concepts.

L’activité de construction de la carte peut être exécutée de manière libre : les apprenants construisent la carte des connaissances en choisissant eux-mêmes les concepts et les relations entre les concepts qu’ils attribuent aux objets représentés dans la carte. Mais elle peut aussi être structurée : les apprenants construisent la carte à partir d’un certain nombre de concepts-clés et/ou de relations pré-déterminés par l’enseignant. En effet, l’approche d’Ausubel et de Novak met l’accent sur l’importance des connaissances antérieures des apprenants “ *the most important single factor influencing learning is what the learner already knows. As certain this and teach him accordingly.* ” (Ausubel, 1968, Epigraph). Dans l’enseignement, cette idée se traduit par l’accent mis sur l’importance des concepts organisateurs préalables (*advance organizers*) qui consistent en concepts exposés d’entrée de jeu à l’apprenant pour lui permettre d’avoir à sa disposition les points d’ancrage nécessaires à un nouvel apprentissage significatif. Les recherches conduites dans la perspective de l’apprentissage signifiant mettent l’accent sur les différents apports de l’activité de construction de cartes conceptuelles pour l’apprentissage et soulignent que la construction d’une carte des connaissances :

- permet de rendre les apprentissages signifiants,
- constitue une aide à la structuration des connaissances,
- donne un rôle actif à l’apprenant,
- constitue un outil d’amplification cognitive,
- est susceptible de générer des conflits cognitifs chez les apprenants.

Voyons brièvement chacun de ces avantages présumés.

### ***Un moyen de rendre les apprentissages signifiants***

Du point de vue de la théorie de l’apprentissage signifiant (*meaningful learning*) proposée par Ausubel (1969), la création des liens entre les concepts est un processus fondamental dans la construction des connaissances puisqu’un nouveau concept n’est pas compris tant qu’il n’est pas relié de façon signifiante aux concepts préexistants. Pour qu’un apprentissage soit signifiant, trois pré-requis majeurs doivent être satisfaits : (1) l’existence chez l’apprenant de connaissances antérieures qui puissent être reliées aux connaissances nouvelles de façon non triviale (c’est-à-dire qui permettent de construire une structure conceptuelle plus

complexe et non seulement la reconnaissance des similarités et des différences), (2) la disponibilité d'un matériel signifiant pour l'apprenant (c'est-à-dire pertinent par rapport aux connaissances antérieures) et (3) la volonté (c'est-à-dire un choix conscient) de la part de l'apprenant de relier les nouvelles connaissances aux connaissances antérieures.

Plusieurs recherches ont mis en évidence les effets bénéfiques de l'activité de construction de cartes conceptuelles sur l'apprentissage. Dansereau et Holley (1982, cité dans Paquette, à paraître) ont montré que les étudiants se rappellent mieux les concepts lorsqu'ils ont utilisé une technique de représentation fondée sur le réseau sémantique que lorsqu'ils ne l'ont pas utilisée. Les étudiants considèrent, de plus, qu'il s'agit là d'une technique utile pour la résolution de problèmes. Certaines différences individuelles ont cependant été rapportées. Ainsi, les bons élèves retireraient des avantages plus grands et plus immédiats de la construction de cartes conceptuelles que les élèves plus faibles (Heinze-Fry & Novak, 1990).

### ***Une aide à la structuration des connaissances***

La carte des connaissances est constituée des connaissances de base, à savoir des concepts et des faits et des relations entre les concepts et les faits (principes) qui renseignent sur les fonctions et la structure des liens entre les concepts. Pour mériter son nom, la carte des connaissances doit être constitué d'au moins une “ instance ”, à savoir l'ensemble concept-relation-concept. Pour Novak et Gowin (1984)<sup>5</sup>, une instance correspond à une proposition ou à une situation. Plusieurs recherches ont montré que la difficulté majeure de l'activité de construction des cartes concerne la structuration des concepts dans un ensemble cohérent, c'est-à-dire la façon de représenter les relations entre les concepts (Novak & Gowin, 1984 ; Fisher, 1990). Par ailleurs, la nécessité de nommer les connaissances incluses dans la carte des connaissances joue également un rôle primordial dans le processus d'élaboration et de structuration des connaissances. En effet, les recherches de Novak et de Fischer (1990) ont montré que le processus le plus exigeant lors de la construction de la carte est celui de lexicaliser les relations entre les concepts, qui permet de clarifier la signification de la proposition ou de la situation. Selon Fisher (1990) cette difficulté est due au fait que bien qu'habituellement, nous percevons les relations, nous ne les nommons pas nécessairement, à moins d'y être contraints par la situation ou par la tâche. C'est pourquoi la nécessité d'analyser et de nommer les relations entre les concepts constitue la part la plus difficile mais aussi la plus instructive de la construction d'une carte des connaissances. Des recherches ont montré que les différences entre les novices et les experts dans un domaine s'expriment par le nombre et le type des relations créées. Les novices privilégient la structuration des concepts la plus simple, c'est-à-dire fondée sur la relation d'inclusion (le verbe être) (Fisher, 1990). Les experts construisent davantage de liens que les novices (Markhan, Mintzes & Jones, 1994). Les chercheurs préconisent donc la préparation des apprenants à l'activité de construction des cartes conceptuelles en les sensibilisant à l'existence des différentes sortes de relations (physiques, temporelles, logiques, hiérarchiques). La recherche de Wallace et Mintzes (1990) a montré que les étudiants qui construisent des cartes conceptuelles plus complexes génèrent davantage de propositions scientifiquement correctes que les étudiants qui construisent des cartes conceptuelles simples.

---

<sup>5</sup> Pour Paquette (1996), le terme *instance* prend une tout autre signification.

### ***Un moyen de rendre l'apprenant actif***

L'activité consistant à faire construire des cartes conceptuelles par les apprenants se justifie pleinement dans une perspective constructiviste de l'apprentissage, du fait qu'elle met l'accent sur le caractère actif et idiosyncrasique du processus et du produit de la construction des connaissances (Roth, 1992 ; Tsai, 2000).

### ***Un outil d'amplification cognitive***

Pour Jonassen (Jonassen et Marra, nd ; Jonassen, Reeves & Hong, 1998) la carte des connaissances constitue un outil d'amplification cognitive (*mindtool*) dont l'utilisation engage les apprenants dans les processus du niveau de traitement profond sur le contenu des connaissances traitées. L'objectif de ces outils n'est pas de réduire la charge de processus de traitement de l'information, ni de rendre l'apprentissage plus facile mais bien d'engager les apprenants dans un apprentissage plus signifiant et efficace. Dans l'approche proposée par McAleese (1998 ; 2000), la carte des connaissances est considérée comme une extension de la mémoire de travail. Son rôle consisterait à réduire la charge de traitement cognitif. De même, Fisher (1990) considère qu'une représentation sous forme de réseau sémantique peut servir d'extension de la mémoire de travail.

### ***Un moyen de générer des conflits cognitifs***

Les cartes conceptuelles permettent de représenter des conceptions erronées et de faciliter la prise de conscience des erreurs en suscitant un conflit cognitif pouvant mener au changement conceptuel (Tsai, 2000) :

1. le conflit entre les intuitions des apprenants et les théories scientifiques ;
2. le conflit entre les observations quotidiennes et les théories scientifiques ;
3. le conflit entre le langage commun et le langage scientifique ;
4. le conflit entre l'ontologie de l'apprenant et l'ontologie scientifique ;
5. le conflit entre plusieurs “ versions ” des connaissances conceptuelles construites successivement dans les différents contextes d'apprentissage.

Pour favoriser l'apparition et la résolution du conflit cognitif, Tsai (2000) a proposé une méthode d'enseignement fondée sur la création d'une carte des connaissances “ conflictuelle ”.

### **3.b. La carte des connaissances comme outil de diagnostic et d'évaluation des apprentissages**

Les premières utilisations de la carte des connaissances proposées par les enseignants-chercheurs de l'équipe de Novak à l'Université Cornell dans les années 70 visaient l'évaluation des connaissances antérieures chez les apprenants et le changement conceptuel dans les domaines scientifiques (Novak, 1977 ; 1979). La carte des connaissances sert alors à l'enseignant en tant qu'outil de diagnostic qui permet de faire le point sur l'état des connaissances antérieures de l'apprenant ou après une période d'apprentissage, d'identifier les conceptions erronées et de repérer les concepts clés devant être davantage explicités. Ce type d'usage de la carte des connaissances en classe exprime le souci des enseignants de disposer d'une méthode d'évaluation des apprentissages compatible avec une vision constructiviste de l'enseignement. Les recherches sur la carte des connaissances comme moyen d'évaluation des apprentissages soulignent également la relation de cette méthode d'évaluation avec les objectifs de l'apprentissage signifiant et mettent l'accent sur l'influence de la méthode d'évaluation sur les stratégies d'apprentissage adoptées par les apprenants. De plus, les cartes conceptuelles permettent de mesurer les aspects de l'apprentissage qui sont mal pris en compte par les tests conventionnels –

par exemple, les conceptions erronées et les lacunes (Liu et Hinchey, Rice et al., 1998). L'intérêt de la carte comme méthode d'évaluation dans les domaines ouverts, selon des modalités flexibles et dans le contexte de téléapprentissage a également été souligné (Stoddart et al., 2000).

L'opération d'évaluation d'une carte des connaissances pose toutefois des défis majeurs, compte tenu que, comme le souligne Novak (1984), il n'existe pas une seule représentation juste d'un même ensemble de connaissances. Dans son approche, une carte des connaissances est évaluée en fonction :

- du nombre de liens établis et étiquetés entre concepts et validité de ces liens ;
- de l'organisation hiérarchique : nombre de niveaux hiérarchiques établis et organisation de ceux-ci, du plus générique au plus spécifique ;
- des liens transversaux établis ;
- des exemples proposés.

La grille de notation proposée par Novak et Gowin (1984) pour évaluer les cartes conceptuelles produites par les apprenants inclut trois critères : (1) la validité et (2) l'exactitude du contenu des connaissances représenté dans la carte et (3) son degré d'élaboration (de complexité). Cependant, les grilles de notation des cartes peuvent différer par l'importance accordée à ces trois caractéristiques principales (Stoddart et al., 2000). Les travaux les plus récents délaissent les méthodes de comptage des composants de la carte au profit des méthodes permettant de comparer la carte des connaissances de l'apprenant avec la carte produite par un expert du domaine (Coleman, 1998) ou par un groupe d'experts (Osmundson et al., 1999). Les évaluations des cartes des connaissances produites indiquent que les cartes élaborées par les experts du domaine sont plus riches, plus complexes et plus hiérarchisées que les cartes construites par les novices du domaine (Markham, Mintzes & Jones, 1994).

De façon générale, les recherches indiquent que les cartes des connaissances peuvent prédire la performance des étudiants aux tests scolaires traditionnels et aux tests standardisés nationaux (USA, Wilson, 1993). Cependant, la corrélation entre les mesures obtenues par les cartes conceptuelles et celles obtenues aux tests conventionnels est en général modérée, du fait du croisement de multiples facteurs. Par exemple, la recherche de Liu et Hinchey, (1993 ; 1996) indique une corrélation positive élevée entre la carte des connaissances et les tests à choix multiples, alors que la corrélation entre la carte des connaissances et les notes scolaires est modérée (Farrokh & Krause, 1996).

Stoddart et al. (2000) indiquent que le degré de corrélation dépend de trois facteurs : le type de test conventionnel, le type de la tâche de construction de la carte des connaissances et le type de la méthode de notation de la carte. Ainsi, les corrélations entre les notations des cartes conceptuelles et les tests qui évaluent l'application des connaissances sont meilleures que les corrélations entre les cartes conceptuelles et les tests qui mesurent le rappel des connaissances (Novak et al., 1983 ; Wilson, 1993). De même, la corrélation est meilleure entre les tests conventionnels (QCM et réponses brèves) et les cartes conceptuelles construites dans une tâche “ libre ”, qu'entre les tests conventionnels et les cartes construites dans une tâche “ contrainte ” (Liu & Hinchey, 1996).

En conclusion de cette brève revue de recherche, deux points nous semblent particulièrement importants. Tout d'abord, on avance l'existence d'un effet général positif de l'activité de construction des cartes sur les apprentissages (cf. la méta-analyse de Horton et al. 1993). Cependant, lorsque la construction de la carte est

comparée avec une autre stratégie d'apprentissage (par exemple, la prise de notes), les résultats rapportés sont contradictoires (Markow & Lonning, 1998 ; Amer, 1994).

Ensuite, on constate que la question de la méthode d'évaluation de la carte produite constitue le sujet principal de débat.

Pour notre part, nous considérons que le choix d'une méthode d'analyse fondée sur un cadre théorique et empirique solide est une condition nécessaire pour étudier les processus de construction de la cohérence des représentations à l'aide de la carte des connaissances.

En effet, nous pensons que la carte des connaissances est un bon exemple de la situation d'enseignement/apprentissage, où il n'est pas possible d'opérer une distinction tranchée entre la méthode et le média. C'est pourquoi, toute recherche qui fait la distinction entre ces deux aspects de l'activité de construction de la carte des connaissances doit décrire l'activité proposée aux apprenants, le contrat pédagogique et le contexte de cette activité, avant d'interpréter les résultats en termes de l'effet du média (ou de la méthode) sur la construction des connaissances. Ensuite, l'approche théorique à la base de la méthode d'évaluation de la carte devrait permettre d'envisager la construction des connaissances, non seulement dans les domaines des connaissances déclaratives hiérarchisés basés sur la relation d'inclusion de classe ou sur la relation partie-tout (comme c'est le cas pour la majorité de travaux effectués dans l'approche de Novak), mais aussi dans le domaine des représentations structurées intégrant les connaissances procédurales et les connaissances conditionnelles (Seel, 1999). La méthode d'analyse devra, par conséquent aborder ces différents types de connaissances et leurs relations. De plus, la méthode d'analyse devrait s'appliquer aussi bien aux productions graphiques (cartes des connaissances) qu'aux productions verbales écrites ou orales et pouvoir les examiner au niveau global et au niveau local. Outre les critères habituels de validité inter-juges, elle devra également être capable de fixer et justifier un seuil de sa puissance de codage, et pouvoir atteindre le seuil fixé (par exemple, coder au moins 80 % de relations et d'objets). Pour jouer son rôle, une méthode d'évaluation doit aussi permettre de repérer et de décrire les erreurs, et de justifier l'attribution du statut d'erreur (chose particulièrement importante lorsqu'il s'agit des domaines pouvant être abordés selon plusieurs points de vue). Si la méthode d'évaluation utilisée pour évaluer les connaissances construites lors de la lecture des textes se base sur le modèle de l'expert, elle doit obligatoirement prendre en compte le fait que le modèle dans “ la tête l'expert ” n'est probablement pas le même que ce modèle tel que décrit dans le texte. La méthode d'analyse devra être capable de décrire et justifier la distinction entre les deux modèles.

L'ensemble de ces considérations nous a amenés à mener une première investigation empirique du processus de construction de la cohérence des représentations à partir des textes selon l'approche d'analyse en systèmes.

## **4. La construction d'une carte des connaissances à partir d'un texte : approche d'analyse en système**

### **4.a. Cadre théorique**

Nous proposons de baser notre recherche sur l'approche des modèles en systèmes, conceptualisée par Denhière et Baudet (1992), Baudet, Denhière et Legros (1990). En accord avec les travaux de sémantique cognitive, l'analyse en systèmes admet le postulat général selon lequel l'individu humain n'accède à la réalité qu'à travers les *modèles*, sortes de reconstructions cognitives d'un fragment du monde qui reflètent la structure

de ce monde. Ces modèles, dont les composantes fondamentales sont décrites sous forme d'invariants cognitifs et de relations entre ces invariants constituent des schèmes organisateurs des représentations sémantiques. Selon l'approche de l'analyse en systèmes, ces schèmes sont décrits dans la langue selon une composition de traits sémantiques dont l'existence est établie par les recherches sur la perception et la conceptualisation de l'objet, de la permanence, du mouvement, du changement et de la causalité (François & Denhière, 1997). Ces schèmes sont organisés en unités globales : les systèmes, dont les modèles de composition ont été confrontés avec succès aux résultats empiriques (Baudet & Denhière, 1991).

Cette approche permet aussi de rendre compte des résultats des recherches empiriques qui ont montré qu'un individu engagé dans une activité de traitement d'un texte met en jeu des connaissances sur la langue et des connaissances sur le monde évoqué par le texte, mais aussi une activité psychologique qui traite à la fois les unités linguistiques et les représentations cognitives (Denhière & Legros, 1989).

L'objectif de l'approche de l'analyse en systèmes est de fournir un cadre conceptuel permettant d'analyser à la fois les structures des représentations exprimées par le producteur d'un texte, la structure du texte et la structure du produit issue de l'activité de construction de la représentation à partir de ce texte. Le rôle des représentations imagées comme aides au traitement cognitif du texte a été aussi pris en compte dans ce cadre (Denhière & Mandl, 1988 ; Denhière, Legros & Tapiero, 1993).

Nous proposons de nous appuyer sur cette approche pour analyser les processus de construction de la cohérence de la représentation construite, lors de l'activité de la construction d'une carte des connaissances. En effet, nous considérons cette carte comme le résultat d'une forme de traitement langagier de la représentation sous-jacente, en raison des processus de lexicalisation des objets et des relations composant cette structure exigée par l'activité de construction.

Nous proposons que la structure d'un texte ou d'une carte des connaissances est déterminée par la structure des modèles cognitifs activés durant les processus d'écriture ou de construction de la carte des connaissances.

Plus précisément, notre hypothèse générale est la suivante : le langage utilise certaines catégories sémantiques fondamentales pour établir et organiser la signification. Ces catégories fondamentales sont déterminées par les caractéristiques du système cognitif des individus, puisqu'elles représentent des invariants cognitifs décrits comme des catégories conceptuelles utilisées pour représenter le monde.

Si c'est le cas, alors nous pouvons retrouver les mêmes catégories dans une représentation sous forme de texte (représentation écrite linéaire), et dans une représentation sous forme de carte des connaissances (représentation graphique).

En effet, dans l'approche de l'analyse en systèmes, le texte est un objet intermédiaire : il est à la fois le produit et l'objet d'un processus de transformation des représentations occurrentes, c'est-à-dire activées, effectué par le scripteur (Baudet, 1991). Ces représentations cognitives et leurs transformations au cours des différents moments du processus d'écriture sont déterminées par les caractéristiques du domaine du monde, objet du processus de description (Legros, Baudet & Denhière, 1994). Les caractéristiques structurelles du texte et la représentation cognitive de ce qui est dit dans le texte sont déterminées par l'organisation du domaine auquel se réfère le texte, i.e. le monde épistémique comme représentation sociale du monde projeté ou expérimenté (Baudet, Jhean-Larose & Legros, 1994).

Cependant, selon l’approche de l’analyse en systèmes, les caractéristiques structurelles du texte sont aussi déterminées par :

- la situation de communication (le but et le contrat de communication),
- par la représentation que le scripteur se fait de son lecteur,
- par l’outil ou le système de communication utilisé.

On voit que, dans cette approche, le texte est conçu comme la matérialisation d’une représentation cognitive occurrente qui se situe à l’interface des individus communiquant. Il a la fonction d’un dispositif instrumental mis en œuvre par le locuteur pour atteindre le but fixé par les participants de la situation de communication.

Dans le cadre de la sémantique cognitive, les relations entre les structures de la langue et les structures cognitives sont envisagées comme des relations de détermination réciproque.

Les travaux de sémantique cognitive ont en effet montré que le référent des signifiés du monde n’est pas le monde mais “ le monde expérimenté ” (Johnson-Laird, 1983) ou “ le monde épistémique ”, c’est-à-dire le monde conceptualisé par l’esprit (Denhière & Baudet, 1992 ; Baudet, Jhean-Larose & Legros, 1994. Ce point de vue nous permet de concevoir la représentation sémantique, déterminante de la signification linguistique, non pas seulement comme le correspondant mental du référent, mais comme le produit de l’activation d’un réseau de représentations du “ monde expérimenté ”, variable selon le contexte culturel, les expériences, les apprentissages et les connaissances de l’individu (Denhière & Baudet, 1989).

Une telle hypothèse nous permet ainsi d’envisager l’écrit ainsi que les autres systèmes de représentation externe des connaissances comme des *outils cognitifs*, médiateurs de la construction de la signification. Dans ce cadre de la sémantique cognitive, l’hypothèse vygotkienne d’instrumentalisation de la pensée par les “ *systèmes externes* ” prend une autre dimension. Ces “ *systèmes externes* ” constituent en effet des formes sémiotiques et instrumentales artificielles (écriture, calcul, diagrammes, cartes), culturellement élaborées et socialement transmises et faisant partie des “ *univers de référence* ” constitués sur la base des savoirs partagés. Le contenu sémantique de ces savoirs partagés devient analysable. Pour Vygotski (1934/1997), la prise en compte de ces outils et de ces systèmes cognitifs externes est indispensable pour rendre compte, à la fois de l’activité cognitive et du produit de cette activité. Tout comme le travail est profondément modifié et modifiable par les outils qui interviennent entre l’homme et les objets sur lesquels il opère, l’activité cognitive est modifiée par les instruments psychologiques qui servent à agir sur elle. Pour Vygotski, la construction des connaissances ne peut s’opérer que lorsque le sujet éprouve un besoin déterminé, le *besoin de concept*, tributaire d’une “ *activité appropriée à une fin, douée de sens, orientée vers un but, déterminé à atteindre la solution d’un problème donné* ” (p. 200). Cette démarche active du sujet apparaît particulièrement importante lors de l’acquisition des concepts qualifiés par Vygotski de “ *concepts scientifiques* ” par opposition aux concepts “ *quotidiens* ” ou “ *spontanés* ”. En effet, contrairement à ces derniers, formés par généralisation à partir du concret immédiat, les concepts scientifiques ne peuvent apparaître qu’à travers les opérations médiatisées par des “ *systèmes externes* ” qui agissent sur eux et ou s’articulent et se (re)construisent à l’aide des significations intersubjectives.

La conjonction de ces deux paradigmes théoriques nous permet de proposer que la structure de la carte des connaissances produite au terme d’une activité finalisée telle que la lecture d’un texte pour comprendre le domaine qui y est décrit, est déterminée par les caractéristiques de l’outil employé pour

communiquer/représenter le domaine et que les invariants de la carte des connaissances devraient être considérés comme des traces matérielles des structures et opérations cognitives (invariants cognitifs). En effet, nous proposons que lors de la construction d’une carte des connaissances, effectuée dans le but de comprendre la représentation du domaine telle qu’elle est représentée dans le texte, les opérations de lexicalisation des objets du domaine et la structuration de ces objets en une représentation cohérente pour le lecteur sont déterminées conjointement par

- les caractéristiques du système de la langue (les invariants langagiers), puisque la construction de cartes de connaissances recourt à la lexicalisation des objets et des relations entre les objets composant la représentation ;

- les caractéristiques du moyen de communication utilisé, à savoir l’outil logiciel de représentation graphique des connaissances ;

- les caractéristiques de la situation de communication (le but et le contrat de communication) ;

- la représentation que le lecteur se fait de l’intention du producteur du texte (et dans une situation d’enseignement/apprentissage de l’intention de l’enseignant qui propose l’étude de ce texte).

Par conséquent, du fait des caractéristiques de l’outil cognitif utilisé pour effectuer cette construction (représentation linéaire versus représentation non-linéaire), nous pouvons nous attendre à des effets différents de ces outils sur les processus et le produit de la construction.

Nous proposons de mettre cette hypothèse à l’épreuve en nous basant sur l’approche de l’analyse en systèmes. En effet, cette approche nous permet d’opérationnaliser l’investigation de la structure des représentations des connaissances construites lors de la lecture d’un texte en relation avec celles construites lors de la production d’une représentation externe, aussi bien sous forme du texte que sous forme de carte de connaissances. Nous sommes conscients du fait que la mise à l’épreuve de telles hypothèses relève d’un programme de recherche de grande ampleur. Dans le cadre de ce projet, notre intention est seulement d’effectuer un travail préliminaire visant à explorer

- la pertinence de la méthode d’analyse en systèmes pour évaluer la structure de la représentation du domaine dans les deux types de production : l’écrit et la carte des connaissances ;

- les contraintes à prendre en compte pour construire un dispositif expérimental permettant d’étudier la construction de la cohérence de la représentation d’un domaine à l’aide des différents types d’outils cognitifs (écrit et carte des connaissances)

#### **4.b. L’analyse en systèmes**

Dans l’approche de l’analyse en systèmes<sup>6</sup>, la formalisation de la construction de la représentation d’un texte lors de la lecture ou lors de la production, s’effectue à deux niveaux : au niveau de la macrostructure et au niveau de la micro-structure.

Pour modéliser les unités du niveau de la microstructure, l’analyse en systèmes s’appuie sur une analyse des invariants cognitifs des catégories d’objet, d’état, d’événement, de causation et d’action (Baudet, 1990). La construction de la micro-structure est effectuée par le lecteur ou le scripteur en traitant la signification de chaque

---

<sup>6</sup> Nous nous appuyons sur les travaux de Denhière et Baudet, cités plus haut.

prédication pas à pas de façon à construire les représentations des états, événements et actions complexes du monde représentés par le texte, ainsi que les relations de cohérence locale (surtout temporelles et causales).

Pour modéliser les unités de haut niveau constitutifs de macrostructure, l'analyse en systèmes s'inspire de la philosophie de l'action et des résultats empiriques de psychologie cognitive et propose une formalisation de la macrostructure en termes de réseaux complexes d'unités sémantiques en interrelation (Denhière & Baudet, 1992). Lors de la lecture ou de la production d'un texte (et selon nous, d'autres types de représentations externes des connaissances), la construction de la macro-structure consiste à organiser la micro-structure en une structure hiérarchique de sous-systèmes dont les principes d'organisation varient selon le type de système considéré. Le niveau de description de tout système dépend du niveau d'analyse du réel auquel se place le descripteur. Il est fonction de l'information dont dispose le descripteur sur les états du système, ainsi que de ses connaissances linguistiques, du moyen de communication, du but de la description et reflète le contrat de communication sous-jacent et l'évaluation des connaissances dont dispose celui pour qui la description est réalisée. Dans cette perspective, trois types de systèmes sont distingués :

- Le système d'état relationnel : ce système représente les situations statives complexes. C'est une collection d'individus caractérisés par la valeur persistante prise par leurs attributs et affectée de la définition d'une ou plusieurs relations statives entre objets. Les individus du système sont reliés par des relations méréologiques et hiérarchiques et les sous-systèmes sont également relationnels.

- Le système transformationnel : ce système représente des événements complexes définis comme des séquences de modification des situations statives. Un système transformationnel est causal, si l'ensemble des représentations sont causalement déterminées, il est temporel si les relations entre les individus du système sont temporellement déterminées.

- Le système téléologique : ce système représente les structures et les comportements des ensembles d'unités fonctionnelles en interrelation. Le comportement d'un tel système est décrit par la modification dans un intervalle temporel donné, de l'état initial du système, défini par les individus initialement présents, leurs relations et les valeurs initiales de leurs attributs, façon à atteindre une configuration déterminée. Cette configuration constitue un état terminal, c'est-à-dire le but fixé au système. Chaque modification intervenant durant cet intervalle, fonctionne comme un moyen pour atteindre ce but, i.e. crée les conditions nécessaires, dans les circonstances, pour atteindre ce but. Deux sous-types de systèmes téléologiques sont distingués :

- Système intentionnel : les individus de ce système sont dotés d'intentionnalité (i.e. fixent eux-mêmes les buts du système). C'est un système téléologique qui organise la représentation de l'action complexe ou de procédure d'action. Sa structure hiérarchique est définie par un arbre d'intentions (le plan) relié à la structure hiérarchique d'actions, d'états et d'événements.

- Système fonctionnel : les individus de ce système ne sont pas dotés d'intentionnalité et dont le comportement est asservi à la réalisation du but pour lequel il a été conçu (par ex. composantes d'un dispositif technique ou biologique). C'est un système à la fois relationnel, transformationnel et téléologique. La structure hiérarchique du système fonctionnel est définie par des relations méréologiques et conditionnelles organisées en un arbre de but/sous-buts pour les systèmes fonctionnels. Le choix de terrain causal est déterminé par les connaissances du descripteur sur “ le cours naturel des choses ” et du but assigné à cette description. Dans ce système, chaque occurrence d'une relation causale modifie les circonstances pour l'occurrence de la

modification suivante. Les relations causales entre les événements du système fonctionnel appartiennent fondamentalement au domaine de la causalité du monde physique, caractérisé par des relations entre événements non agentifs et de nature téléologique : la cause est expliquée par l'effet. C'est pourquoi, les événements revêtent la fonction de moyen pour atteindre le but fixé au système. Les relations de causalité sont du type interne (quand elles portent sur des états et événements de l'unité fonctionnelle considéré) ou externe (quand elles relient ces états et événements à ceux d'un sous-système adjacent). L'état ou l'événement qui est la condition de la modification de l'état adjacent peut être considéré comme une sortie de son propre (sous-système) et comme une entrée (cause externe) du (sous-) système adjacent (voir Larose, 1993).

## **5. Expérimentation exploratoire**

L'objectif général de cette expérimentation exploratoire était d'étudier la validité de l'analyse en systèmes comme fondement d'une méthode d'évaluation pouvant s'appliquer à des produits de format différent issus de l'activité de construction de représentation d'un système fonctionnel décrit dans un texte. Ces produits peuvent relever soit de la modalité écrite (résumé), soit de la modalité graphique (cartes des connaissances).

D'autres questions ont été formulées durant cette phase exploratoire.

### **Méthode**

#### ***Participants***

Dans la phase exploratoire, deux groupes de sujets volontaires participent à l'expérience. Les 7 participants du premier groupe (G1) apprennent le contenu du texte en prenant des notes. Les 5 participants du deuxième groupe (G2) apprennent le contenu du texte en construisant une carte des connaissances avec le logiciel MOT version 2.2.

Tous les participants sont adultes entre 20 et 45 ans. Certains ont déjà des connaissances en psychologie, du fait de leur orientation professionnelle (enseignants). À cette étape de cette recherche, nous avons confondu les participants experts et novices dans le domaine, mais cette distinction fera l'objet d'une recherche ultérieure. En revanche, nous avons choisi les participants du groupe G2 en fonction de leur connaissance de la modélisation avec le logiciel MOT : trois participants sont du niveau intermédiaire (connaissent MOT et s'en servent à l'occasion de leur travail professionnel), deux participants sont des experts de modélisation avec MOT (la modélisation constitue leur méthode de travail). Nous pensons que cette question d'expertise en modélisation est très intéressante et mérite une investigation indépendante de celle de l'expertise du contenu, mais également en relation avec celle-ci.

#### ***Matériel***

Le matériel est extrait du texte à visée pédagogique d'environ 50 pages conçu par Josianne Basque intitulé “ Approche symbolique de la cognition ”. Il figure à titre de ressource dans le cours du deuxième cycle “ sciences cognitives et apprentissage ”. Il a été conçu pour une clientèle étudiante composée principalement d'enseignants ou de professionnels travaillant dans le domaine des technologies d'apprentissage. Dans le texte d'origine le texte est accompagné d'un schéma graphique.

### *Texte*

La plupart des ouvrages de base en psychologie cognitive présentent une vue générale du système cognitif humain universel. Le système cognitif y est généralement décomposé en trois “ mémoires ” principales :

- Une mémoire sensorielle.
- Une mémoire à court terme (MCT).
- Une mémoire à long terme (MLT).

Un stimulus provenant de l’environnement est d’abord perçu par les récepteurs sensoriels et est emmagasiné dans la mémoire sensorielle. Cette trace sensorielle est reconnue, grâce notamment aux informations se trouvant déjà dans la mémoire à long terme, c’est-à-dire une signification lui est attribuée. Une certaine sélection de l’information reçue est effectuée, l’attention du sujet ne pouvant capter toutes les informations perçues par ses sens. L’information sélectionnée est emmagasinée quelques secondes dans la mémoire à court terme (ou mémoire de travail), elle peut y être maintenue plus longtemps si le sujet utilise certaines stratégies. L’information est encodée dans la mémoire à long terme. Au besoin, par exemple, au moment de répondre à une question d’examen ou de résoudre un problème, l’information est ensuite récupérée dans la mémoire à long terme et envoyée dans la mémoire à court terme. L’organisme génère ensuite une réponse (la réponse verbale ou écrite à une question d’examen ou encore la solution au problème). Certains chercheurs postulent aussi l’existence d’un processus de contrôle de l’ensemble des opérations, que plusieurs associent à ce que l’on appelle la métacognition.

Si nous vous demandions de mémoriser une série de mots (chat, lunettes, livre) en vue d’un test de rappel, votre système visuel enregistrera d’abord, pendant un très court instant, les caractéristiques physiques des mots écrits, ainsi que toutes les autres informations qui se trouvent dans votre champ de vision. Votre attention devra cependant être centrée sur cette tâche de mémorisation ; une certaine sélection sera donc appliquée à l’ensemble des informations ayant laissé une trace sensorielle. Ensuite, il vous faudra reconnaître ces assemblages particuliers de symboles (c-h-a-t) en vous appuyant sur les informations que vous avez déjà dans votre mémoire long terme. Ces mots seront ensuite transférés dans votre mémoire court terme, où vous pourrez faire un certain travail mental sur ce matériel. Par exemple, vous pourriez décider de répéter sans arrêt la liste des mots jusqu’à ce qu’elle soit bien apprise, ou bien vous pourriez élaborer une histoire ou une image avec les mots afin de favoriser votre processus de mémorisation : un chat portant des lunettes est couché sur mon livre...

Cette liste pourra alors être emmagasinée dans votre mémoire à long terme. Au moment du test, vous allez récupérer la liste des mots dans votre mémoire à long terme et la reproduire verbalement ou par écrit.

### *Consigne*

Les participants avaient pour consigne de lire le texte et d’apprendre son contenu. Ils étaient informés que le temps imparti à cette activité est de 25 minutes maximum, mais qu’ils peuvent s’arrêter quand ils le jugent opportun, et qu’à l’issue de l’activité, ils auront à répondre à un court questionnaire sur le texte et à écrire un court résumé. Pour faciliter l’apprentissage, les participants ont été invités à utiliser une stratégie d’apprentissage : la prise de notes (G1) ou la construction de la carte (2). L’objectif général de l’expérimentation a été expliqué aux participants, puisqu’on leur a annoncé que le but est d’étudier les différentes stratégies d’apprentissage à partir des textes.

**Procédure**

La passation était individuelle. Chaque participant lisait le texte et prenait les notes (ou construisait la carte) en organisant son activité librement pendant 25 minutes.

Ensuite, une tâche distractive de 5 minutes a été proposée (conversation sur un autre sujet). Chaque participant répondait par la suite au questionnaire (15 minutes maximum) et, après une pause de 5 minutes, rédigeait un résumé de ce qu’il a retenu du contenu du texte à la suite de son activité d’apprentissage. Les deux épreuves ont eu lieu sans recourir aux notes prises ou à la carte des connaissances.

**Analyse des protocoles**

1) Grille d’analyse en systèmes du domaine des connaissances (*système humain de traitement d’information*) tel que décrit dans le texte.

Le domaine des connaissances est décrit dans le texte en termes d’un système fonctionnel. En tant que tel, ce système est

- relationnel : composé de collection d’individus (I),
- transformationnel : le comportement du système est une séquence de modification d’événements ou états (processus) (C),
- hiérarchisé par les relations méréologiques et conditionnelles, ces relations sont exprimées par les conditions, circonstances ou environnement (E),
- téléologique : un but est assigné au système (B). Les buts présentent une structure hiérarchique définie par les relations méréologiques et conditionnelles organisées en un arbre de but/ sous-but,
- caractérisé par la relation de causalité suivante : I a C dans (si) E *parce que* C dans (si) E conduit à B.

Le tableau 1 présente la grille d’analyse du système humain de traitement d’information tel qu’il est décrit dans le texte. Les rubriques vides indiquent que le texte ne décrit pas le contenu sémantique de la rubrique. Les parenthèses indiquent que deux lexicalisations d’un même individu ou processus sont proposés dans le texte. Le virgule sépare deux caractéristiques comptabilisées de façon distincte.

**Tableau 1.** Analyse en systèmes de la représentation sous-jacente du contenu sémantique du texte

caractéristiques →  système ou sous-système	<b>I</b> <b>(individus du</b> <b>système ou du</b> <b>sous-système)</b>	<b>C</b> <b>(comportement</b> <b>séquence de</b> <b>processus)</b>	<b>E</b> <b>Relation</b> <b>conditionnelle ou</b> <b>méréologique</b>	<b>B</b> <b>But du système</b>
<b>S1</b> Système cognitif	Mémoire sensorielle, Mémoire à court terme, Mémoire à long terme.	Traiter l’information	Tâche	Générer une réponse
<b>Sous-système annexe 1 (S A 1)</b> Récepteurs sensoriels (sens)	Caractères physiques		Stimulus, environnement	percevoir
<i>Relation de</i>				

<i>causalité externe entre SA 1 et Ss1</i>				
<b>Sous-système 1 (Ss1)</b> Mémoire sensorielle	Trace sensorielle (information)	Emmagasiner (enregistrer), Sélectionner, Reconnaître,	L'attention, Informations en MLT,	Attribuer la signification
<i>Relation de causalité externe SSI et SS2</i>				
<b>Sous-système 2 (Ss2)</b> Mémoire à court terme	Information sélectionnée	Emmagasiner	Quelques secondes, stratégies	maintenir
<i>Relation entre Ss2 et Ss3</i>				<i>Renvoyer (de MLT vers MCT)</i>
<b>Sous-système 2 (Ss3)</b> Mémoire à long terme	Information	Encoder	Au besoin	récupérer
<b>Système annexe 2 (SA 2)</b> métacognition	L'ensemble de Ss1, Ss2 et Ss3			contrôler

Chaque caractéristique représentée dans le tableau est codé comme une unité du système et compté pour 1 point, sans pondération par rapport à son niveau dans la macrostructure du système. Le nombre total de points est de 29.

Les résumés, les questionnaires et les cartes des connaissances construites ont été analysés sur la base de cette grille par un juge.

Le questionnaire a été construit sur la base de l'analyse en systèmes préalable du texte.

*Question sur le but du système cognitif (S b).*

Quel est l'objectif du processus de traitement d'information par le système cognitif humain ?

*Question sur la séquence de processus du sous-système Ss1 (mémoire sensorielle).*

Comment une signification est-elle attribuée au stimulus ?

*Question sur le but de sous-système Ss 1.*

Pourquoi les caractères physiques des mots sont-ils emmagasinés en mémoire sensorielle ?

*Question sur les conditions des processus du Ss2.*

Citez des exemples de stratégies de maintien en mémoire.

*Question sur la relation entre Ss2 et Ss3 (entre MCT et MLT)*

Pourquoi faut-il maintenir le stimulus en mémoire à court terme ?

## Discussion des résultats (voir les résultats préliminaires dans l'annexe)

### *Méthode d'analyse*

Les résumés et les cartes des connaissances ont été codées à l'aide de la grille d'analyse élaborée par deux juges indépendants. Le coefficient de fiabilité a été calculé selon la formule de Holsti (1969) ; coefficient de fiabilité :  $2m / n_1 + n_2$  (où  $m$  = nombre de décisions de codage sur lesquels il y a accord,  $n_1$  = nombre de toutes les décisions de codage faites par le juge 1 et  $n_2$  = nombre de toutes les décisions de codage faites par le juge 2). Il représente .89 pour les résumés, et .66. pour les cartes des connaissances. En ce qui concerne les résumés, le résultat est satisfaisant. En ce qui concerne les cartes, une analyse approfondie révèle que les désaccords de codage se situent au niveau des décisions par rapport à la prise en compte des liens et des objets typés de la grammaire de MOT. Cette question importante devra être approfondie pour les prochaines recherches.

Après l'analyse des autres propositions qui n'ont pas pu être codées à l'aide de la grille (dans les résumés et dans les cartes), il apparaît que celles-ci sont de trois types :

- Les propositions qui décrivent les objets et les processus du système humain de traitement d'information de façon correcte<sup>7</sup>, mais qui ne figurent pas dans le texte, et, qui, par conséquent, ne font pas partie des caractéristiques du système tel que décrit dans la grille<sup>8</sup>. Ces propositions témoignent de l'activation des connaissances antérieures des participants et de leur mise en œuvre pour construire une représentation cohérente du système en prenant en compte à la fois ces connaissances antérieures et les informations présentées dans le texte. Certaines de ces propositions pourraient être considérées comme des inférences sur les relations causales externes qui décrivent les relations entre les sous-systèmes. En effet, dans le texte, ces relations ne sont pas décrites. Par exemple, la relation entre le Ss2 et Ss3 “ *transférer les informations de MCT vers MLT* ” n'est pas décrite dans le texte. Les participants du groupe 2 sont plus nombreux que ceux du groupe 1 à représenter cette relation, et ce, surtout dans les cartes (nous avons indiqué cet ajout dans le tableau des résultats en attribuant un point supplémentaire). Bien évidemment, étant donné que nous n'avons pas effectué de pré-test des connaissances du domaine, et étant donné le petit nombre de sujets, cette observation doit être considérée avec précaution. Cependant, nous pensons qu'il s'agit là d'une question intéressante à approfondir : dans quelle mesure la modélisation favorise la construction des relations de causalité entre les sous-systèmes et contribue à une meilleure cohérence de la représentation du système ?

- Les propositions qui ne décrivent pas le système : leur taux ne dépasse pas 10 % de propositions, tous les résumés confondus. Ces propositions sont absentes des cartes des connaissances produites. Un résumé produit par une participante du groupe 2 (Cla) a été atypique. Cette participante a effectué dans son résumé une sorte de retour réflexif sur son activité de modélisation. Ce point, en rapport avec la procédure, sera discutée dans la section suivante.

- Les propositions qui constituent des erreurs : attribution des individus d'un sous-système à un autre (par exemple, “ le stimulus est perçu par la mémoire sensorielle ”).

L'existence des propositions du type a et c est conforme à l'hypothèse générale de l'approche de l'analyse en système : le texte est une interface de communication construite à l'aide d'un outil de communication : l'écrit.

---

<sup>7</sup> Correcte veut dire ici : selon le modèle inter-experts, construit en commun par trois experts du domaine.

<sup>8</sup> Rappelons que cette grille décrit le système tel que représenté dans le texte.

La linéarisation inhérente à l’écrit conduit à une traduction du modèle de l’expert contrainte par les caractéristiques de cet outil. Pour cette raison, nous avançons l’hypothèse que la grille d’évaluation en système de la représentation d’un domaine gagnerait à s’appuyer sur un modèle partagé par une communauté d’experts. Cela montre aussi que l’évaluation en systèmes du modèle de l’expert décrit dans le texte peut être un moyen utile pour une amélioration du texte par son auteur (expert).

La possibilité offerte par l’analyse en systèmes de catégoriser les erreurs des apprenants est enrichie ici du fait que cette analyse permet d’indiquer quelle est la part de l’erreur qui peut être attribuée à l’apprenant, celle qui peut être attribuée à la complexité du domaine et celle qui est due à la description du domaine dans le texte. Autant de pistes pour continuer à travailler pour approfondir la problématique de l’évaluation de la cohérence de la représentation construite lors de la lecture du texte.

Nous considérons que, dans le cadre de cette première exploration de l’analyse en système pour évaluer les cartes des connaissances, le codage des cartes a été satisfaisant. Comme nous l’avons indiqué plus haut, la question à approfondir concerne la typologie des liens et des objets du logiciel MOT. En effet, certaines caractéristiques du fonctionnement des systèmes sont exprimées à travers les métaconnaissances, i.e. les connaissances sur les connaissances exprimées dans la typologie des liens et des objets. Nous pensons qu’il s’agit ici de questions passionnantes dans l’étude de la relation entre la cognition et la métacognition.

Le codage des questionnaires n’a pas été mené à terme, car nous nous sommes rendus compte que l’interprétation des questions a été très différente d’un participant à l’autre. Un soin particulier devra être apporté à l’élaboration des questionnaires lors des prochaines recherches. Le codage des protocoles de prise de notes est une autre question qui devra être abordée.

### ***Procédure expérimentale***

La consigne a été, en général, bien suivie, mais nous avons constaté l’importance de la prescription de la tâche en relation avec le but assigné à la situation de communication par les participants. Ainsi, on peut se demander si le but de l’activité doit être de construire une carte conceptuelle du texte, ou bien de comprendre le texte en utilisant la carte ? Les deux interprétations ont été formulées par nos participants. Cette question est reliée à la problématique du degré de familiarisation avec l’outil nécessaire pour mener à bien l’activité prescrite.

### ***Construction des connaissances***

Nous présentons ici quelques observations issues de l’analyse qualitative des résultats de cette expérimentation exploratoire.

On constate sans surprise que les résumés présentant les modèles les moins cohérents et les moins complets du fonctionnement du système sont ceux des participants ayant le plus bas niveau de scolarité (BER et GAS). Nous pensons que ce type de recherche ne peut éviter la problématique des apprenants avec faibles capacités langagières et / ou cognitives et la relation avec le niveau de scolarité (Legros, 1991 ; Legros, Baudet & Denhière, 1994). Il serait intéressant de voir comment les apprenants présentant ces profils peuvent bénéficier de l’activité de construction des cartes avec le logiciel MOT. De plus, il faut envisager des modalités de post-test, différentes selon le niveau de connaissances initial des apprenants, selon leur niveau d’expertise sur le domaine et selon le niveau d’expertise visé (voir chapitre 2 dans ce rapport).

Plus précisément, l'analyse des caractéristiques des systèmes représentés par les participants dans leurs productions, indique que les sujets avec des connaissances antérieures sur le domaine construisent une meilleure représentation du fonctionnement système, en termes du nombre total des caractéristiques représentées. du système. Parmi les participants avec peu de connaissances sur le domaine, les participants du groupe 2 (MIC et VAL) obtiennent des scores deux fois plus élevés que les participants du niveau similaire (BEN et NEG) du groupe 1, (à l'exclusion donc de BER et GAS). MIC est un expert en modélisation, VAL se situe au niveau intermédiaire. Le meilleur score (dans le résumé et dans la carte) est celui de DIA (groupe 2) qui est à la fois une experte de modélisation et une experte du contenu. À l'intérieur du groupe 2, si l'on compare le score total par participant pour le résumé et pour la carte, on constate que 3 construisent une représentation plus complète et plus cohérente dans le résumé que dans la carte des connaissances, alors que deux participants présentent un pattern inverse. Comme de surcroît, les deux experts en modélisation obtiennent des résultats différents, nous constatons qu'une investigation plus approfondie est nécessaire.

Dans les résumés, les différences entre les deux groupes semblent se situer :

- au niveau de la représentation des relations entre les systèmes Ss1-Ss2, Ss2-Ss3, SA1- Ss1. Les participants du groupe 2 représentent davantage de relations de causalité externe que les participants du groupe 1 ;

- au niveau de conditions du fonctionnement du système cognitif. Les participants du groupe 2 représentent plus souvent cette condition essentielle du processus de traitement de l'information qu'est la tâche ;

- au niveau des individus des sous-systèmes. Les participants du groupe 2 représentent la transformation de l'information : du stimulus en trace sensorielle, de trace sensorielle en l'information sélectionnée etc. On peut se demander si cela est dû à l'influence de la grammaire de MOT dans laquelle la relation entre un processus et l'objet de ce processus est contrainte par la relation du type : intrant / produit ;

- au niveau des circonstances de Ss 2. Les participants du groupe 1 représentent davantage ces caractéristiques. On peut supposer que, dans cette condition, les participants focalisent leur attention davantage sur la structure du texte. Ces caractéristiques sont celles qui sont décrites en détail dans le texte, aussi bien au niveau de la partie générale qu'au niveau de l'illustration.

## **6. Bilan, perspectives**

L'objectif principal de cette recherche exploratoire était d'analyser l'effet de l'élaboration d'une carte de connaissances :

- sur la construction de la cohérence de la représentation du contenu sémantique d'un texte, évaluée à l'aide d'un questionnaire et d'un résumé du texte,

- sur l'activité de production verbale d'un texte décrivant cette représentation construite, en fonction du niveau de connaissances antérieures des apprenants.

Les premiers résultats permettent de tracer nos futures perspectives de recherches sur la construction des connaissances à l'aide des cartes conceptuelles. L'outil utilisé, la façon de l'utiliser et le cadre théorique que nous nous sommes donné nous permettent d'envisager la conception de textes d'apprentissage adaptés au niveau de connaissances initiales des apprenants et aux objectifs de connaissances précis à atteindre.

La réalisation de ces objectifs nécessitait de nous donner un cadre conceptuel adapté à ce type de situation d'apprentissage et susceptible d'être utilisé dans le téléapprentissage et l'apprentissage collaboratif à distance. La construction de notre cadre théorique qui résulte à la fois des travaux conduits dans le domaine de la sémantique cognitive et du constructionnisme nous ouvre des perspectives qui vont au delà de l'objectif initial de cette recherche. En effet, la technologie utilisée et le cadre théorique que nous avons construit nous permettent de renouveler, non seulement le paradigme de la construction des connaissances à l'aide du texte, mais aussi le paradigme de la compréhension et de la production de textes, dans une perspective cognitive et didactique. Ils ouvrent de nouvelles perspectives à la recherche sur les activités réflexives et la métacognition et permettent de renouveler les travaux sur le rôle de la construction de la causalité variables selon les contextes d'apprentissage, mais aussi selon les contextes linguistiques et culturels des apprenants (voir chapitres 4, 5 et 6). Ils permettent aussi d'ouvrir des perspectives nouvelles à la recherche sur l'apprentissage collaboratif à distance et plus particulièrement sur l'écriture collaborative synchrone ou asynchrone comme moyen de co-construction des connaissances.

## Références citées

- Ambruster, B. B. & Anderson, T. H. (1980). *The effect of mapping on the free recall of expository text*. Technical report 160. Champaign, Ill. Center for the study of reading, University of Illinois, February 1980.
- Anderson, T.H. (1979). Study skills and learning strategies. In H. F. O'Neil & C. D. Spielberger (Eds), *Cognitive and affective learning strategies*. New York: Academic Press.
- Anderson, J. R., Boyle, C. F. & Yost, G. (1986). The geometry tutor. *The Journal of Mathematical Behavior*, 5-20.
- Anderson, T. H. & Ambruster, B.B. (1981). Studying. In P.D. Pearson (Ed) *Handbook on reading research*. New York : Longman.
- Ausubel, D. (1968). *Educational psychology : a cognitive view*. New York: Holt Reinhart & Wilson.
- Ausubel, D. (1963). *The psychology of meaningful verbal learning*. New York: Grune & Stratton.
- Ausubel, D., Novak, J. & Hanesian, H. (1978). *Educational Psychology: A Cognitive View* (2<sup>nd</sup> Ed.). New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Balcytiene, A. & Lehtinen, E. (1993). Problems in navigation in designing hypertext for learning. In M. Linna & P. Ruotsala (Eds.) *Hypermedia in Vaasa '93. Proceedings* (pp. 55-62). Vaasa: Vaasa Institute of Technology.
- Balpe, J.-P. (1997). Hypertexte et interactivité. Essai d'analyse d'une problématique. *Hypertextes et hypermédias*, 1(1), 11-22.
- Basque, J. & Pudelko, B. (2001). *La co-construction de cartes conceptuelles en contexte de téléapprentissage : Une activité propice au développement de la métacognition?*. Rapport scientifique LICEF, Télé-université, Montréal, Québec, Canada (accepté, en révision)
- Baudet, S., Denhière, G. & Legros, D. (1990). Connaissance et interprétation du texte. *T.L.E.*, 8, 141-164.
- Basque, J. (2000). *Modèles symbolique de la cognition*. Télé-université, Montréal, Qc. Canada.
- Baudet, S. (1991). Représentations sémantiques et traitement du texte: l'approche de la sémantique cognitive, *Thèse pour le diplôme national d'habilitation à diriger des recherches*, Université de Paris VIII.
- Baudet, S., Jhean-Larose, S. & Legros, D. (1994). Coherence and Truth: a cognitive model of propositional truth attribution. *International Journal of Psychology*, 29, 3, 119-350.
- Bélisle, C. (1999). La navigation hypermédia : un défi pour la formation à distance. *Journal of Distance Education/Revue de l'Éducation à distance*, 14(1), 58-74.
- Boekaerts, M. (1999). Motivated learning: The study of student x situation transactional units. *European Journal of Psychology of Education*, 14, 41-55.
- Bransford, J. D., Nitsch, K. E. & Franks, J. J. (1977). Schooling and the facilitation of knowing. In R. C. Anderson, R. J. Spiro & W. Montague (Eds.), *Schooling and the acquisition of knowledge* (pp. 31-55). Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Breuker, J. A. (1984). A theoretical framework for spatial learning strategies. In C. D. Holley & D. F. Dansereau (Eds.), *Spatial learning strategies: Techniques, applications and related issues* (pp. 21-46). Orlando: Academic Press.

- Programme Cognitique 2000 : “ Nouvelles technologies et cognition ”. Projet N°38. Étude des effets des systèmes et des outils multimédias sur la lecture, la compréhension, la production de texte et la construction des connaissances (Rapport final)
- Brown, A. (1987). Metacognition, executive control, self-regulation and other mysterious mechanisms, In F.E. Weinert & R.H. Kluwe, (Eds) *Metacognition, motivation and understanding*. (pp. 65-116). New Jersey, Lawrence Erlbaum.
- Brown, A. L., Bransford, J., Ferrara, R. & Campione, J. C. (1983). Learning, remembering, and understanding. In J. H. Flavell & E. M. Markham (Eds.), *Handbook of psychology: Cognitive development* (vol. 3, pp. 77-166). New York: Wiley.
- Coleman, E.B. (1998). Using explanatory knowledge during collaborative problem solving. *The Journal of Learning Sciences*, 7 (3 et 4), 387-427.
- Dansereau, D. F. (1978). The development of learning strategies curriculum. In H.F. O’Neal (Ed) *Learning strategies*. (pp. 1-29). New York: Academic Press.
- Dansereau, D. F. & Holley, C. D. (1982). Development and Evaluation of a Text Mapping Strategy. in A. Flammer & W. Kintsch (Eds) *Discourse Processing*. (pp. 536-554). Amsterdam : North-Holland Publishing.
- Dansereau, D. F., Collins, K. W., McDonald, B. A., Holley, C. D., Garland, J. C., Diekhoff, G. & Evans, S. H. (1979). Development and evaluation of a learning strategy program. *Journal of Educational Psychology*, 71, 64-73.
- Denhière, G. & Baudet, S. (1989). Cognitive psychology and text processing: From Text Representation to Text-World. *Semiotica*. Special Issue, P. Ouellet (Ed.) *Cognition and Artificial Intelligence*, 77 (1/3), 271-293.
- Denhière, G. & Baudet, S. (1992). *Lecture, compréhension de texte et science cognitive*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Denhière, G. & Legros, D. (1989). Comprendre un texte: construire quoi? avec quoi? comment? In M. Fayol & J. Fijalkow, *Apprendre à lire et à écrire. Dix ans de recherche sur la lecture et la production de textes. Revue Française de Pédagogie*, (pp. 137-148).
- Denhière, G. & Mandl, H. (1988). Knowledge acquisition from text and picture. *European Journal of Psychology of Education*, Special issue, III, 2.
- Denhière, G., Legros, D. & Tapiero, I. (1993). A decade of research on representation in memory and acquisition of knowledge from text and picture: Theoretical, methodological and practical outcomes. *Educational Psychology Review*, 5(3), 311-324.
- Eklund, J. (1996). Knowledge-Based Navigation Support in Hypermedia Courseware using WEST. *Australian Educational Computing*, 11(2), 10-14.
- Evensen, D. & Hmelo, C. E. (Eds.) (2000). *Problem-based learning: Research perspectives on learning interactions*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Farrokh, K. & Krause, G. (1996). The relationship of concept–mapping and course grade in cell biology. Meaningful Learning Forum,. En ligne: <http://www2.ucsc.edu/mrlg> (Consulté le 20/05/2001)
- Ferstl, E. C. & Kintsch, W. (1999). Learning from text: Structural knowledge assessment in the study of discourse comprehension. In H. van Oostendorp & S. R. Goldman (Eds.), *The construction of mental representations during reading* (pp. 247-277).
- Fisher, K. M. (1990). Semantic networking : the new kid on the block. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(10), 1001-1018.
- Flavell, J. H. (1987). Speculations about the nature and development of metacognition. In F. E. Weinert & R. H. Kluwe, Eds., *Metacognition, Motivation, and Understanding*. (pp. 21-29). Hillsdale, NJ: Erlbaum,
- François, J. & Denhière, G. (1997), (Eds.). *Sémantique linguistique et psychologie cognitive*, Grenoble: Presses Universitaires de Grenoble.
- Goldman, S. (1996). Reading, writing, and learning in hypermedia environments. In H. Van Oostendorp & S de Mul (Eds.). *Cognitive aspects of electronic text processing*.(pp. 7-42). Norwood; New Jersey: Ablex Publishing Corporation.
- Grandbastien, M. & Bruillard, E. (Eds.) (2001). *Education et informatique : hommage à Martial Vivet. Sciences et techniques éducatives*. Paris : Hermès.
- Heinze-Fry, J.A. & Novak, J.D. (1990). Concept mapping brings long-term movement toward meaning learning. *Science Education*, 77 (1), 95-111.
- Holley, C.D., Dansereau, D.F., McDonald, B.A., Garland, J.C. & Collins, K.W. (1979). Evaluation of hierarchical mapping technique as an aid to prose processing. *Contemporary Educational Psychology*, 4, 227-237.
- Holley, C. D. & Dansereau, D. F. (Eds.). (1984a). *Spatial learning strategies: Techniques, applications and related issues*. Orlando: Academic Press.
- Holley, C. D. & Dansereau, D. F. (1984b). The development of spatial learning strategies. In C. D., Holley & D. F. Dansereau (Eds.). (1984). *Spatial learning strategies: Techniques, applications and related issues*. (pp. 3-15). Orlando: Academic Press.

- Programme Cognitique 2000 : “ Nouvelles technologies et cognition ”. Projet N°38. Étude des effets des systèmes et des outils multimédias sur la lecture, la compréhension, la production de texte et la construction des connaissances (Rapport final)
- Holsti, O.R. (1969). *Content Analysis for the Social Sciences and Humanities*. Reading, MA: Addison-Wesley,
- Horton, P. B., McConney, A. A., Gallo, M., Woods, A. L., Senn, G. J. & Hamelin, D. (1993). An investigation of the effectiveness of concept mapping as an instructional tool. *Science Education*, 77(1), 95-111.
- Hume, G., J. Michael, A. Rovick & M. Evens (1996). The Use of Hints by Human and Computer Tutors: The Consequences of the Tutoring Protocol. In *Proceedings of the 1996 International Conference on Learning Sciences*, In D. Edelson & E. Domashek (Eds.). (pp. 135-142). Evanston, IL: Association for the Advancement of Computing in Education.
- Jackson, S., Stratford, S. Krajcik, J. & Soloway, E. (1996). A learner-centered tool for students building models. *Communications of the ACM*, 39(4), 48-49.
- Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental Models: Towards a Cognitive Science of Language, Inference, and Consciousness*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Jonassen, D. (Ed.) (1988). *Instructional designs for microcomputer courseware.*, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum
- Jonassen, D. H. & Marra, R. M. (nd) *Concept mapping and other formalisms as mindtools for representing knowledge*. En ligne : [http://www.icbl.hw.ac.uk/~granum/class/altdocs/dav\\_alt.htm](http://www.icbl.hw.ac.uk/~granum/class/altdocs/dav_alt.htm) [consulté en 1999, 03/01].
- Jonassen, , D.H., Reeves, T. & Hong, N. (1998). Concept mapping as cognitive learning and assessment tools. *Journal of Interactive Learning Research*, 8, 289-308.
- Lafortune, L., Jacob, S., Hébert, D. (2000). Vers une formation continue dans une optique métacognitive. In R., Pallascio, L., Lafortune, (Eds.), *Pour une pensée réflexive en éducation*. (pp. 133 -152). Sainte-Foy : Presses de l'Université du Québec.
- Lafortune, L.P., Mongeau, P. & Pallascio, R. (Eds.) (1998). *Métacognition et compétences réflexives*. Montréal : Logiques.
- Legros, D., Baudet, S. & Denhière, G. (1994). Analyse en systèmes des représentations d'objets techniques complexes et production de textes. In G. Gagné & A. Purves, (Eds.), *Papers in mother tongue Education 1/ Etudes en pédagogie de la langue maternelle* (pp. 127-156). Münster/New York: Waxman.
- Legros, D. (1991). L'activité de production de texte dirigée par les représentations du monde. *Recherche en Education. Théorie et Pratique*, 2/3, 9-17.
- Legros, D., & Crinon, J. (Eds) (2002). *Psychologie des apprentissages et Multimédia*. Paris: Colin.
- Lin, X., Hmelo, C., Kinzer, C. K. & Secules, T. J. (1999). Designing Technology to Support Reflection. *Educational Technology Research and Development*, 47(3), 43-62
- Liu, X. & Hinchey, M. (1996). The internal consistency of concept mapping scoring scheme and its effect on prediction validity. *International Journal of Science Education*, 18(8), 921-937.
- Markham, K.M., Mintzes, J.J. & Jones, M.G. (1994). The concept map as a research and evaluation tool: further evidence of validity. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 91-101.
- Markow, P.G. & Lonning, R.A. (1998). Usefulness of concept maps in college chemistry laboratories: students' perceptions and effects on achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 91-101.
- Martin, D., Doudin, P.-A. & Albanese, O. (1999). Vers une psychopédagogie métacognitive. In P.A. Doudin, D. Martin & O. Albanese (Eds.), *Métacognition et éducation* (pp. 3-29). Berne: Peter Lang.
- McAleese, R. (1998). The Knowledge Arena as an extension to the concept map : reflection in action. *Interactive Learning Environments*, 6(3), 251-272.
- McAleese, R. (2000). Skill acquisition : the curious case of information searching. *Interactive Learning Environments*, 8(1), 23-49.
- McDonald, S. & Stevenson, R.J. (1998). The effects of text structure and prior knowledge of the learner on navigation in hypertext. *Human Factors Vol 40*, No 1, p18-27
- McDonald, S. & Stevenson, R.J. (1999). Spatial versus conceptual maps as learning tools in hypertext. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 8(1), 43-64.
- Means, B. & Golan, S. (1998). *Transforming Teaching and Learning with Multimedia Technology*. San Jose, CA: Joint Venture: Silicon Valley Network.
- Mesnager, J. (1999). *Multimédias : c'est la lecture qui compte*. Nantes : CRDP, Nantes / Ac-tice / p.19-21
- Nathan, M. & Robinson, C. (2001). Considerations of learning and learning research: revisiting the “media effects” debate. *Journal of Interactive Learning Research*, 12(1), 69-88.
- Novak, J. D. (1990). Concept mapping: a useful tool for science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(10), 937-949.
- Novak, J. D. (1977). *A theory of education*. Ithaca, NY: Cornell University Press.
- Novak, J. D. (1998). *Learning, creating and using knowledge*. Mahwah, NJ: LEA.

- Programme Cognitique 2000 : “ Nouvelles technologies et cognition ”. Projet N°38. Étude des effets des systèmes et des outils multimédias sur la lecture, la compréhension, la production de texte et la construction des connaissances (Rapport final)
- Novak, J.D., Gowin, D.B. & Johansen, G.T. (1983). The use of concept mapping and knowledge vee mapping with junior high school science students. *Science Education*, 67(5), 625-645.
- Novak, J. D. & Gowin, D. B. (1984). *Learning how to learn*. Cambridge,: Cambridge University Press.
- Osmundson, E., Chung, G. K., Herl, H. E. & Klein, D. C. (1999). *Knowledge mapping in the classroom : a tool for examining the development of students' conceptual understandings* (Technical report 507). Los Angeles: CRESST/ University of California.
- Paquette, G. (1996) *La modélisation par objets typés: une méthode de représentation pour les systèmes d'apprentissage et d'aide à la tâche*. Sciences et techniques éducatives , 3(1).
- Paquette, G. (2002). *Modélisation des connaissances et des compétences*. Sainte Foy : Presses de l'Université du Québec
- Pea, R. D., Edelson, D. C. & Gomez, L. M. (1994). Distributed collaborative science learning using scientific visualization and wideband telecommunications. In *Multimedia information systems for science and engineering education: Harnessing technologies*. Annual meeting of the American Association for the Advancement of Science. San Francisco, CA: AAAS.
- 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: Lawrence Erlbaum Associates
- Pudelko, B., Crinon, J. & Legros, D. (2002). Multimédia, lecture et compréhension de textes. In D. Legros, & J. Crinon. *Multimédias, cognition, apprentissage et enseignement*. Paris: Colin
- Roth, W.-M. & Roychoudhury, A. (1992). The social construction of scientific concepts or the concept map as conscription device and tool for social thinking in high school science. *Science Education*, 76(5), 531-557.
- Scardamalia, M. & Bereiter, C. (1991). Higher levels of agency in knowledge building: A challenge for the design of new knowledge media, *Journal of the Learning Sciences*, 1, pp. 37-68.
- Schauble, L., Glaser, R., Duschl, R., Schulze, S. & Johns, J. (1995). Students' understanding of the objectives and procedures of experimentation in the science classroom. *The Journal of the Learning Sciences*, 28, 859-882.
- Seel, N. M. (1999). Educational diagnosis of mental models : assessment problems and technology -based solutions. *Journal of Structural Learning and Intelligent Systems*, 14(2), 153-185.
- Stoddart, T., Abrams, R., Gasper, E. & Canaday, D. (2000). Concepts maps as assessment in science inquiry learning - a report of methodology. *International Journal of Science Education*, 22(12), 1221-1246.
- Tabak, I. & Reiser, B. J. (1997). Complementary roles of software-based scaffolding and teacher-student interactions in inquiry learning. In R. Hall, N. Miyake & N. Enyedy (Eds.), *Proceedings of Computer Support for Collaborative Learning '97* (pp. 289-298). Toronto, Ca.
- Tergan, S. O. (1997). Misleading theoretical assumptions in Hypertext/Hypermedia research. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 6(3-4), 257-283, 1997.
- Tsai, C.-C. (2000). Enhancing science instruction : The use of 'conflict maps'. *International Journal of Science Education*, 22(3), 285-302.
- Vygotski, L. (1934). trad.fr. F. Sève (1997). *Pensée et langage*. La Dispute : Paris.
- Wallace, J.D. & Mintzes, J.J. (1990). The concept map as a research tool : exploring conceptual change in biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(10), 1033-1052.
- Weil-Fassina, A., Rabardel, P. & Dubois, D. (1993). *Représentations pour l'action*. Toulouse : Octarès.
- Wilson, J. (1994). Network representations of knowledge of chemical equilibrium: variations with achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(10), 1133-1147.
- White, B. & Frederiksen, J. (1998). Inquiry, modeling, and metacognition: Making science accessible to all students. *Cognition and Instruction*, 16(1), 3-117

## Annexe1

Codage des productions écrites et graphiques selon la grille d'analyse développée.

*Abréviations utilisées*

*Systèmes :*

S système humain de traitement d'information

SA 1 : système annexe Récepteurs sensoriels

SA 2 : système annexe Métacognition

Ss1 sous-système Mémoire sensorielle

Ss2 sous-système Mémoire à court terme

Ss3 sous-système Mémoire à long terme

Caractéristiques :

I : individus

C : comportement (séquence des processus)

E : environnement et conditions

B : but du système

## Les relations entre les systèmes et les sous-systèmes

Car. du (sous) système									relation S A 1 / Ss1
	Si	Sc	Se	Sb	SA1i	SA1c	SA1e	SA1b	
<b>Participants</b>									
G1 résumés									
BEN	3								
CAR	3						1		
NEG	3	1		1			1		
MIR	3			1					1
MUR	3		1	1			1		
GAS	3		1				1		
BER	3								
<i>total</i>	21	1		3	0	0	4	0	1
G2 résumés									
Jul	3	1			1			1	1
MIC	3	1		1	1		1	1	1
CL	0				1				
VAL	3			1	1			1	
DIA	3	1			1		1	1	
<i>Total</i>	12	3		2	5	0	2	4	2
G2 cartes des connaissances									
JUL	3								
MIC	3			1	1		1		
CLA	3			1				1	1
VAL	3			1			1		
DIA	3			1	1		1	1	1
<i>tot carte</i>	15	0		4	2	0	3	2	2

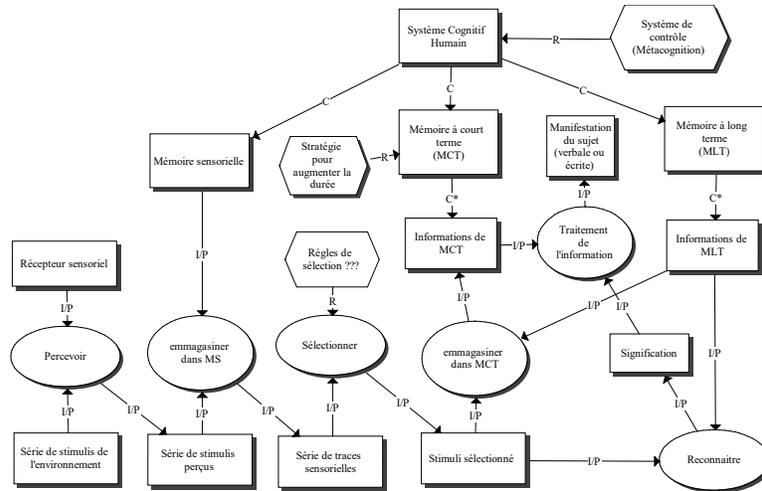
	Ss 1 i	Ss 1 c	Ss 1 e	Ss 1 b	rel Ss1 / Ss2	Ss2 i	Ss2 c	Ss2 e	Ss2 b	rel Ss2 / Ss3
G1 résumés										
BEN	1	1	1	1				1	1	
CAR					1					
NEG		1		1			1	1		
MIR	1	1	2				1	2		1
MUR		2		1	1	1		2		1
GAS			1	1						
BER										
<i>total</i>	2	5	4	4	2	1	2	6	1	2
G2 résumés										
Jul	1		2	1	1			1		1
MIC	1	2			1	1	1			1
CL		1					1			
VAL	1	2	1	1	1	1	1			2
DIA	1		1	1	1	1				
<i>total</i>	4	5	4	3	4	3	3	1	0	4
G2 carte										
JUL	1	1	2	1	1	1	1			1
MIC	1	2		1		1	1			
CLA										2
VAL	1			1	1		1	1	1	1
DIA	1	1	1	1	1	1	1		1	2
<i>total</i>	4	4	3	4	3	3	4	1	2	6

	Ss3 i	Ss3 c	Ss3 e	Ss3 b	SA2 i	SA2 c	SA2 e	SA2 b	<i>N total caract./sujet</i>
G1 résumés									
BEN									9
CAR									5
NEG									15
MIR		1	1	1				1	18
MUR			1	1	1			1	17
GAS		1			1			1	7
BER									3
<i>total</i>	<i>0</i>	<i>2</i>	<i>2</i>	<i>2</i>	<i>2</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>3</i>	<i>Total car G1 72</i>
G2 résumés									
Jul	1			1	1				18
MIC	1						1		18
CL			1		1			1	7
VAL			1	1	1			1	21
DIA	1	1						1	15
<i>total</i>	<i>3</i>	<i>1</i>							<i>Total car G2 4résumés 79</i>
G2 carte									
JUL	1								15
MIC									13
CLA			1	1				1	12
VAL					1			1	14
DIA	1	1	1	1	1			1	23
<i>total</i>	<i>2</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>2</i>	<i>2</i>				<i>Total car G2 3cartes 77</i>

## Annexe 2

### Exemples de carte des connaissances produites par les participants du groupe 2

Ex 1. Carte des connaissance de MIC (expert en modélisation avec MOT, peu de connaissances sur le domaine)



**Ex. 2. Carte des connaissances de VAL (niveau intermédiaire en modélisation, peu de connaissances sur le domaine)**

