



*Note de recherche*

---

**La modélisation des connaissances à l'aide d'un outil informatisé à  
des fins de transfert d'expertise**

*Recension d'écrits*

---

**Josianne Basque, Ph.D.  
Béatrice Pudelko**

Centre de recherche LICEF, Télé-université  
100, rue Sherbrooke Ouest, Montréal, Qc, H2X 3P2  
Téléphone : 514 843-2015  
Courriel : [jbasque@teluq.quebec.ca](mailto:jbasque@teluq.quebec.ca)  
Page web : [www.teluq.quebec.ca/~jbasque](http://www.teluq.quebec.ca/~jbasque)

**Le 30 novembre 2004**

**LICEF03NR02**

## Présentation des auteures

**Josianne Basque** détient un doctorat en psychologie. Elle est professeure à la Télé-université en technologies appliquées à l'éducation. Elle est également chercheuse au Centre de recherche LICEF (Laboratoire en informatique cognitive et environnements de formation) de la Télé-université, ainsi qu'au CIRTA (Centre interuniversitaire de recherche sur le téléapprentissage). Dans ses recherches, elle s'intéresse à l'ingénierie pédagogique, à la co-construction de connaissances et d'habiletés métacognitives à l'aide des TIC, à l'usage des cartes de connaissances à des fins d'apprentissage ainsi qu'à la recherche et au traitement de l'information dans des environnements d'apprentissage informatisés.

**Béatrice Pudelko** détient une maîtrise et un DEA (Diplôme d'Études Approfondies) en psychologie cognitive et poursuit ses études en Doctorat en Psychologie des Processus Cognitifs à l'Université Paris VIII. Elle est assistante de recherche au Centre de recherche LICEF de la Télé-université et est membre du laboratoire CNRS « Cognition et Usages » à l'Université Paris VIII. Dans ses recherches, elle s'intéresse aux processus de construction de la cohérence des représentations et des connaissances durant la lecture et l'écriture, aux médiations des outils informatisés à fins d'apprentissage, plus spécifiquement à celles induites par les outils de construction de cartes conceptuelles.

## Remerciements

Nous tenons à remercier Delia Rogozan, étudiante au Doctorat en informatique cognitive à la Télé-université ainsi que Philippe Clément, AdmA, et Dominique Leclair, tous deux étudiants à la Maîtrise en formation à distance à la Télé-université pour leur assistance au cours de la préparation de ce rapport.

## Résumé

Ce rapport, qui a été rédigé dans le cadre d'un contrat de recherche octroyé par Hydro Québec au Centre de recherche LICEF de la Télé-université, présente une recension d'écrits portant sur la modélisation des connaissances à des fins de transfert d'expertise. La modélisation des connaissances est abordée ici non pas comme une méthode formelle de modélisation des connaissances expertes telle qu'employée traditionnellement dans une approche d'intelligence artificielle, mais comme une méthode collaborative de transfert d'expertise au sein d'une organisation, où la modélisation des connaissances facilite aux experts la communication de leurs connaissances aux novices. Le rapport est divisé en trois parties. La première partie vise à définir la notion d'expertise, à identifier les principales caractéristiques des compétences et des performances des experts, et les étapes du développement de l'expertise, à définir la notion de transfert d'expertise en contexte organisationnel et à identifier quelques difficultés associées au transfert d'expertise dans les organisations. Les connaissances de l'expert y sont décrites comme étant spécifiques au domaine d'expertise, idiosyncratiques, organisées en schémas fonctionnels, flexibles et en partie tacites.

La deuxième partie traite de la modélisation des connaissances. Cette activité y est définie comme une activité visant à identifier et structurer des connaissances en une représentation schématique, appelée « modèle de connaissances ». Nous distinguons le modèle de connaissances de la « carte conceptuelle » utilisée en milieu éducatif à partir du milieu des années 80 sur deux aspects : (1) le modèle de connaissances s'appuie sur un langage de représentation plus structuré que celui utilisé pour construire une carte conceptuelle, notamment par le fait qu'il y a utilisation de typologies de connaissances et de liens et (2) il offre une structure d'ensemble plus ouverte que la carte conceptuelle qui, elle, se limite généralement à une structure hiérarchique d'inclusion de classes. Néanmoins, les deux activités ayant des buts apparentés, les recherches ayant porté sur la carte conceptuelle utilisées à des fins d'apprentissage sont largement rapportés dans le rapport, et le terme « cartes de connaissances » est utilisé dans un sens générique pour désigner tant les modèles de connaissances que les cartes conceptuelles. Dans cette deuxième partie, on retrouve également une section sur les avantages et les difficultés de la modélisation dans un contexte d'apprentissage. Une analyse de plus d'une vingtaine de logiciels dédiés à la construction de cartes de connaissances est également présentée. Enfin, différentes applications de la modélisation des connaissances en éducation et en gestion sont décrites.

La troisième partie porte plus spécifiquement sur la *co*-modélisation des connaissances à des fins de transfert d'expertise. Les avantages de cette activité sont identifiés en nous référant d'abord à différentes théories sur le rôle des interactions sociales dans l'apprentissage et le développement cognitif, puis en rapportant divers résultats de recherches sur la co-construction de cartes de connaissances menées en milieu éducatif. Nous tentons enfin d'identifier différents facteurs susceptibles de favoriser le succès d'une activité de co-modélisation de connaissances à des fins de transfert d'expertise dans une organisation.

Quelques pistes de recherche sont tracées en conclusion.

**Mots clés :** Modélisation des connaissances. Transfert d'expertise. Carte conceptuelle. Co-construction de connaissances.

## Table des matières

<b>Introduction</b> .....	<b>1</b>
<b>Partie 1 - L'expertise : Aspects psychologiques et développementaux</b> .....	<b>3</b>
1.1 Définition de l'expertise.....	3
1.2 Principales caractéristiques d'un expert et de la connaissance experte .....	5
1.2.1 Remarques méthodologiques .....	5
1.2.2 Remarques théoriques .....	6
1.2.3 Les connaissances de l'expert .....	8
1.2.3.1 Des connaissances spécifiques au domaine d'expertise.....	8
1.2.3.2 Des connaissances idiosyncratiques.....	9
1.2.3.3 Des connaissances organisées en schémas fonctionnels.....	10
1.2.3.4 Des connaissances flexibles .....	12
1.2.4 Les stratégies cognitives des experts dans différentes situations.....	12
1.2.4.1 Jugement et prise de décisions .....	13
1.2.4.2 Planification .....	13
1.2.4.3 Résolution de problèmes .....	14
1.2.4.4 Raisonnement.....	15
1.2.5 Les stratégies métacognitives.....	16
1.3 Développement de l'expertise.....	16
1.3.1 L'apport de l'expérience .....	17
1.3.2 Le processus de développement de l'expertise .....	18
1.3.2.1 Un modèle général du développement de l'expertise : Le modèle « intuitif » de Dreyfus et Dreyfus .....	19
1.3.2.2 Un modèle spécifique du développement de l'expertise : Le développement de l'expertise médicale selon Schmidt et al.....	22
1.4 Le transfert d'expertise en contexte organisationnel.....	23
1.4.1 Définition du transfert d'expertise .....	23
1.4.2 Les difficultés liées au transfert d'expertise.....	25
1.4.2.1 Les difficultés d'ordre cognitif.....	25
1.4.2.1.1 Difficultés liées au caractère tacite des connaissances expertes .....	25
1.4.2.1.2 Difficultés liées au partage des connaissances expertes.....	26
1.4.2.2 Les difficultés liées à la motivation.....	27
1.4.2.3 Autres difficultés .....	27
<b>Partie 2 - La modélisation des connaissances</b> .....	<b>29</b>
2.1 L'activité de modélisation des connaissances.....	29
2.1.1 Définition de l'activité de modélisation des connaissances .....	29
2.1.2 Les typologies de connaissances et de liens.....	33
2.1.3 Les avantages de la modélisation des connaissances .....	37
2.1.3.1 Des apprentissages signifiants.....	37
2.1.3.2 Une aide à la structuration des connaissances.....	38
2.1.3.3 Un traitement interne actif des connaissances.....	38
2.1.3.4 Un outil d'amplification cognitive .....	38
2.1.3.5 Un moyen de favoriser la pensée réflexive .....	38
2.1.3.6 Un outil d'autorégulation cognitive .....	38

2.1.4	Les difficultés de la modélisation des connaissances.....	39
2.1.5	Les habiletés des experts à modéliser les connaissances de leur domaine.....	40
2.2	Les outils informatisés de modélisation des connaissances .....	41
2.3	Les applications de la modélisation des connaissances .....	49
2.3.1	Les applications en éducation .....	49
2.3.2	Les applications en gestion .....	51
2.3.2.1	Les « cartes pour agir » .....	53
2.3.2.1.1	Aide à la décision .....	53
2.3.2.1.2	Aide à l'expression de la créativité .....	55
2.3.2.1.3	Aide à l'identification de besoins d'information.....	57
2.3.2.1.4	Aide à la gestion de projets .....	58
2.3.2.1.5	Aide à la communication.....	59
2.3.2.2	Les « cartes pour comprendre » .....	59
2.3.2.2.1	Création de normes communes d'une pratique professionnelle experte.....	60
2.3.2.2.2	Préservation des connaissances expertes.....	60
2.3.2.2.3	Création d'un système de gestion de connaissances .....	62
<b>Partie 3 - La co-modélisation des connaissances à des fins de transfert d'expertise .....</b>		<b>63</b>
3.1	Les avantages de la co-modélisation des connaissances à des fins de transfert d'expertise .....	63
3.1.1	L'apport des interactions sociales à l'apprentissage .....	63
3.1.1.1	La théorie de l'apprentissage social .....	63
3.1.1.2	La théorie du conflit sociocognitif .....	64
3.1.1.3	La théorie socioculturelle de la cognition .....	65
3.1.1.4	La théorie de l'interactionnisme symbolique .....	66
3.1.1.5	La théorie de la participation à la communauté .....	67
3.1.2	Les recherches sur la co-modélisation des connaissances en situation d'apprentissage.....	68
3.2	Les facteurs favorisant le succès de l'activité de co-modélisation des connaissances dans un but de transfert d'expertise.....	73
3.2.1	Les facteurs reliés aux individus .....	73
3.2.1.1	Les habiletés spatiales/visuelles des sujets.....	73
3.2.1.2	Le style d'apprentissage et les préférences cognitives des sujets .....	74
3.2.1.3	L'état socioaffectif des sujets .....	77
3.2.2	Les facteurs reliés à l'organisation des situations de co-modélisation.....	78
3.2.2.1	La contribution de tous les participants engagés dans l'activité .....	78
3.2.2.2	Une asymétrie d'expertise bien dosée entre les partenaires .....	79
3.2.2.3	La méthode d'entraînement à la modélisation des connaissances .....	79
3.2.3	Les facteurs reliés à l'environnement organisationnel global .....	82
<b>Conclusion.....</b>		<b>83</b>
<b>Références .....</b>		<b>86</b>

## Introduction

Ce rapport a été rédigé dans le cadre d'un contrat de recherche octroyé par Hydro Québec au Centre de recherche LICEF de la Télé-université, et plus spécifiquement à la professeure-chercheuse Josianne Basque. Il vise à présenter une synthèse d'écrits scientifiques permettant d'alimenter cette entreprise dans sa démarche d'implantation d'une stratégie de transfert d'expertise fondée sur la modélisation des connaissances à l'aide d'un outil informatisé. Plus spécifiquement, cette stratégie consiste à former des dyades ou des triades jumelant des travailleurs d'expérience à des travailleurs plus jeunes ou novices dans leur secteur d'activités et à les inviter à construire « modèle de connaissances » portant sur l'un ou l'autre aspect de leur travail. Comme on le verra plus loin, un modèle de connaissances constitue une représentation externe d'un ensemble de connaissances prenant la forme d'un graphique composé à la fois de mots identifiant les connaissances et de traits reliant ces mots (connaissances). Des mots sont généralement apposés sur les traits pour en préciser leur nature. Les expérimentations de modélisation de connaissances menées à ce jour chez Hydro Québec à des fins de transfert d'expertise ont été réalisées avec le logiciel MOT, un logiciel de « modélisation par objets typés » développé au Centre de recherche LICEF sous la direction de Gilbert Paquette (Paquette, 2002a). Ce logiciel a notamment la particularité de proposer à l'utilisateur une typologie de connaissances et une typologie de liens ainsi qu'un formalisme graphique permettant de distinguer visuellement divers types de connaissances et de liens.

Un tel projet de transfert d'expertise soulève de nombreuses questions, auxquelles nous tentons de répondre dans ce rapport, en nous appuyant sur un ensemble d'écrits scientifiques sur le sujet. Une première série de questions ont trait à la notion d'expertise : Qu'est-ce qu'un expert ? Comment peut-on caractériser les connaissances de l'expert ? Comment se développe l'expertise ? En quoi consiste le transfert d'expertise ? Quelles sont les difficultés liées au transfert d'expertise ? Ces questions sont abordées dans la première partie du rapport. Une deuxième série de questions portent sur la modélisation des connaissances : En quoi consiste cette activité au juste ? Comment en définir son résultat (un modèle de connaissances) ? En quoi un modèle de connaissances réalisé avec le logiciel *MOT* se distingue-t-il d'autres types de représentation graphique des connaissances ? Quelles sont les typologies de connaissances et de liens les plus utilisées à des fins de modélisation ? Quels sont les avantages de la modélisation des connaissances dans un contexte d'apprentissage ? Quels sont les outils informatisés pouvant être utilisés pour modéliser des connaissances ? Quelles sont les applications de la modélisation des connaissances en contexte éducatif et en contexte organisationnel ? Des éléments de réponse à ces questions sont fournis dans la partie 2 du rapport. En troisième partie, sont abordées des questions portant plus spécifiquement sur la *co*-modélisation des connaissances à des fins d'apprentissage dans une perspective de transfert d'expertise : Quels sont les avantages et les limites d'une telle stratégie ? Quels sont les facteurs individuels et organisationnels qui sont susceptibles d'assurer le succès d'une telle stratégie ? Enfin, en conclusion, sur la base des résultats de notre recension, nous identifions quelques pistes de recherche qui nous semblent devoir être explorées afin de mieux comprendre le enjeux théoriques et pratiques liés à l'adoption de stratégies de modélisation des connaissances à des fins de transfert d'expertise en entreprise.

Mais avant de présenter les résultats de notre démarche de recension d'écrits, il convient de décrire brièvement la méthodologie que nous avons utilisée pour effectuer la recherche documentaire. Notons d'abord que, compte tenu que la présente recension porte sur des thématiques reliées de près à nos propres recherches, nous disposons déjà d'une banque de plus

de 250 références portant sur la modélisation des connaissances ou la construction de cartes de connaissances (appelées également « cartes conceptuelles »<sup>1</sup>) ainsi que plusieurs autres centaines de références utiles à notre propos portant plus généralement sur l'apprentissage, la formation, le développement cognitif et l'usage des technologies à des fins d'apprentissage.

Cette documentation qui traite tant des aspects théoriques que des aspects empiriques de ces champs de connaissances a constitué notre première source de références pour alimenter la rédaction de ce rapport. La documentation spécifique relative à la modélisation et à la co-modélisation des connaissances se limitait toutefois à des situations d'apprentissage, principalement en milieu éducatif formel. De plus, elle ne couvrait pas tous les thèmes identifiés dans le plan de la présente recension. Nous avons donc dirigé nos principaux efforts de recherche documentaire dans trois directions afin de compléter notre documentation initiale:

- Les aspects psychologiques et développementaux de l'expertise
- Les applications de la modélisation des connaissances dans d'autres domaines qu'en éducation
- Les caractéristiques individuelles et organisationnelles susceptibles d'influencer l'activité de modélisation des connaissances.

Sur ces thématiques, nous avons effectué nos recherches dans l'Internet à l'aide du moteur de recherche Google et dans les bases documentaires suivantes, en nous limitant aux années 1994 et plus<sup>2</sup> :

- ERIC (*Educational Resources Information Centre*) (base de données internationale en éducation répertoriant des articles publiés dans plus de 1 000 périodiques ainsi que des livres, rapports, et autres types de documents, publiés ou non publiés);
- PsychFIRST (base internationale en psychologie produite par l'*American Psychological Association*);
- FRANCIS (Fichiers de Recherche bibliographique Automatisé sur les Nouveautés, la Communication et l'Information en Sciences humaines et Sociales, recensant plus de 8 000 périodiques);
- ProQuest Digital Dissertations (base de données présentant les résumés de près de 1,6 millions thèses et mémoires).

Par ailleurs, pour la partie portant sur les outils de construction de cartes de connaissances, nous avons effectué des recherches dans l'Internet afin de télécharger toutes les versions d'évaluation de logiciels que nous avons pu trouvées afin d'en analyser les fonctionnalités. Nous avons également recensé divers articles décrivant des outils de modélisation des connaissances déjà existants ou en développement dans le cadre de recherches en cours.

---

<sup>1</sup> Nous définissons plus précisément ces différents termes dans la première partie du rapport.

<sup>2</sup> Cependant, pour la partie portant sur l'expertise, nous n'avons pas limité nos recherches aux années 1990, puisque plusieurs travaux importants en ce domaine ont été réalisés au cours des années 1970 et 1980.

## **Partie 1 - L'expertise : Aspects psychologiques et développementaux**

Dans cette partie, nous situons tout d'abord la notion d'expertise dans la perspective de la psychologie cognitive, en présentant brièvement quelques concepts méthodologiques et théoriques qui y sont associés. Nous traitons, par la suite, de ce qui caractérise les connaissances et les stratégies cognitives des experts, en nous appuyant sur les résultats des études empiriques les plus marquantes du domaine. En troisième lieu, nous présentons divers points de vue sur la question du développement de l'expertise. Nous concluons cette première partie par une description de l'activité de transfert de l'expertise dans une perspective de gestion des connaissances et par une présentation de difficultés d'ordre cognitif, motivationnel et organisationnel que le transfert d'expertise peut soulever en pratique.

### **1.1 Définition de l'expertise**

Qu'est-ce qu'un expert ? Dans le champ de la psychologie cognitive, l'expert est traditionnellement défini comme la personne qui, dans un domaine particulier, produit des performances (observables) et possède, de ce fait, des compétences (supposées) que peu de personnes possèdent spontanément (Caverni, 1988). Cette définition a deux versants : sur l'un, on retrouve le comportement de l'expert (c'est la performance); sur l'autre, la compétence, habituellement assimilée à la connaissance<sup>3</sup> (c'est l'expertise).

Pour étudier empiriquement la performance des experts, les chercheurs ont eu principalement recours aux experts socialement désignés comme tels, habituellement des spécialistes reconnus d'un domaine de connaissance ou d'action (Caverni, 1988; Sternberg, 1997). Ce choix opérationnel des experts, effectué le plus souvent pour des raisons pratiques (il est plus facile d'identifier des experts de cette façon que de tenter de les identifier sur la base d'une analyse des tâches) a été critiqué. En effet, des recherches ont démontré que la performance de certains individus reconnus comme experts n'était pas supérieure à celle des novices, lorsqu'elle était effectivement mesurée (Camerer & Johnson, 1991; Ericsson & Lehmann, 1996). C'est pourquoi, dans une approche expérimentale de l'expertise, les chercheurs ont préconisé de catégoriser des individus comme experts sur la base de leurs performances supérieures réellement observées et non sur la base de leur expérience, de leur titre professionnel ou de leur reconnaissance par leurs pairs. Dans cette optique, les experts peuvent alors être définis comme des individus qui démontrent une performance supérieure exceptionnelle dans une tâche représentative du domaine d'expertise (Ericsson & Charness, 1997; Salthouse, 1991).

Toutefois, ce point de vue, s'il convient à l'approche expérimentale, ne répond pas aux exigences des recherches en milieu naturel qui visent à prendre en compte les dimensions sociale et organisationnelle de l'expertise. Les résultats de plusieurs recherches ont démontré l'importance des relations interpersonnelles et de variables organisationnelles dans l'identification des « experts » et dans la transmission de connaissances expertes (Agnew, Ford, & Hayes, 1997; Busch & Richards, 2001; Stein, 1997). C'est pourquoi Sternberg (1997) a proposé de considérer comme experte une personne qui répond aux critères d'expertise établis dans un milieu donné, et

---

<sup>3</sup> Dans la perspective des travaux sur l'expertise rapportés ici, le terme « compétence » est considéré comme équivalent à celui de « connaissance ». Il n'a donc pas la même signification que celle admise en éducation et en contexte organisationnel depuis quelques années, laquelle met l'accent sur la capacité de l'individu à mobiliser adéquatement des connaissances dans un contexte donné, en fonction du cadre de perception que se construit l'acteur de la situation.



l'expertise comme un « prototype », c'est-à-dire un ensemble d'attributs corrélés représentant les différentes dimensions de l'expertise. Ce point de vue implique (a) que dans un domaine donné, les gens ont une conception partagée de ce qu'est un expert, (b) que les attributs de l'expertise peuvent varier d'un domaine à l'autre et (c) que ces attributs sont dynamiques et peuvent varier dans le temps et dans l'espace.

Par ailleurs, du point de vue de la psychologie sociale, l'expertise réfère à une forme d'interaction sociale plutôt qu'à une personne, puisque la personne experte joue un rôle de « fournisseur » d'informations, dont la vérité et la validité dans une situation donnée sont présumées, du fait même de la reconnaissance de son expertise. Ce point de vue insiste sur le gain de temps et d'argent que les experts permettent d'obtenir dans un contexte donné, puisque l'expertise consiste essentiellement en connaissances basées sur l'expérience que l'on pourrait avoir si on avait eu le temps de faire cette expérience (Mieg, 2001).

Les résultats de nombreuses recherches psychologiques portant sur l'expertise convergent et indiquent que ce sont les connaissances que détiennent les individus dans un domaine qui constituent le noyau de toute expertise. L'idée que l'expertise est une connaissance que les experts « possèdent » a été renforcée par les recherches menées en Intelligence Artificielle (IA) sur les systèmes experts<sup>4</sup> (LaFrance, 1997). Comme la conception de systèmes experts nécessite la modélisation de l'expertise humaine, la difficulté principale s'est révélée être le processus même d'accès aux connaissances expertes. Les techniques que les chercheurs en IA ont élaborées pour effectuer le transfert d'expertise de l'homme vers la machine ont été basées sur une approche objectiviste de la connaissance<sup>5</sup>. Ainsi, le transfert d'expertise a d'abord été abordé en termes d'*extraction* des connaissances expertes. Cette métaphore rend saillants plusieurs aspects de la perspective de l'IA sur l'expertise (LaFrance, 1997): l'expertise est une ressource rare qui doit être « extraite », tel un minerai précieux d'une mine, et, une fois extraite, elle peut être transférée sans dommage d'un endroit à un autre (de l'humain vers le système expert). On voit que, dans cette optique, l'expertise existe indépendamment de son utilisation et de son contexte : elle est incorruptible, solide et sécuritaire.

Face aux difficultés rencontrées par les ingénieurs de l'IA au cours du processus d'extraction de l'expertise, les approches ultérieures ont insisté sur le caractère volatile et difficile à cerner de la connaissance experte, tout en préservant son statut d'objet. L'expertise doit donc être *capturée* (plutôt qu'*extraite*) et par la suite, codifiée, consolidée et organisée; mais pour cela, il faut tout d'abord obtenir la coopération et l'implication de l'expert (LaFrance, 1997).

Aujourd'hui, l'approche objectiviste de la connaissance est de plus en plus critiquée. Dans la mouvance constructiviste<sup>6</sup> et celle de la cognition « située »<sup>7</sup>, on considère l'explicitation de

---

<sup>4</sup> Un système expert est un logiciel qui reproduit le comportement d'un expert humain accomplissant une tâche intellectuelle dans un domaine précis. Il est composé : (1) d'une base de connaissances, elle-même composée d'une base de règles qui modélise la connaissance du domaine considéré et d'une base de faits qui contient les informations concernant le cas à traiter, et (2) d'un moteur d'inférences dont le rôle est de raisonner à partir des données contenues dans la base de connaissances.

<sup>5</sup> L'approche objectiviste de la connaissance est basée sur le postulat positiviste selon lequel le monde extérieur existe indépendamment de l'esprit humain. La connaissance humaine a donc pour l'objectif de *correspondre* à la réalité extérieure « vraie » ou, au moins, de s'en approcher. Ce postulat vaut pour la connaissance elle-même, puisqu'il conduit à considérer une connaissance comme « vraie » si celle-ci reproduit fidèlement la réalité « objective ».

<sup>6</sup> Le constructivisme est une approche épistémologique qui met l'accent sur le rôle actif du sujet dans la construction de ces connaissances et qui dénie habituellement un statut « objectal » aux connaissances

l'expertise comme une *création* : les connaissances expertes sont (re)créées durant l'interaction d'un individu avec l'expert. Dans cette perspective, on considère l'explicitation des connaissances expertes comme une activité collaborative de modélisation de connaissances entre le cogniticien et l'expert du domaine, autrement dit, comme une co-construction de connaissances. Dans cette approche, on reconnaît les médiations culturelles et sociales de l'expertise, tout en admettant le caractère personnel des construits cognitifs de l'expert (Agnew *et al.*, 1997).

## **1.2 Principales caractéristiques d'un expert et de la connaissance experte**

Nos observations quotidiennes nous démontrent aisément que les experts « font mieux » que les novices dans leur domaine, qu'ils résolvent les problèmes plus facilement, qu'ils ont plus de connaissances, qu'ils ont une meilleure mémoire pour les faits liés à leur domaine... Comment la psychologie cognitive explique-t-elle ces phénomènes ?

Avant de décrire plus en détail les caractéristiques de l'expertise, il est important de présenter brièvement, tout d'abord la méthodologie utilisée dans les recherches, puis les principales hypothèses théoriques qui sous-tendent la grande majorité de travaux empiriques menés sur l'expertise.

### **1.2.1 Remarques méthodologiques**

Pour étudier les performances des experts et leurs connaissances sous-jacentes, la majorité de ces travaux se sont appuyés sur des expérimentations en laboratoire. Si les premières études ont été menées dans des domaines bien définis et sémantiquement « pauvres » (par exemple, le domaine du jeu d'échecs), de nombreux chercheurs se sont par la suite intéressés aux domaines dits « mal définis » ou sémantiquement « riches » (par exemple, la médecine ou le droit) (Caverni, 1988). On s'est également intéressé aux processus cognitifs mis en jeu par les experts dans des situations dynamiques et complexes, mentalement exigeantes du fait de diverses contraintes temporelles et d'incomplétude de l'information fournie dans ces situations (Bisseret, 1995; Eraut & du Boulay, 2001).

Généralement, les recherches sur les performances des experts décrivent l'état final de l'expertise et très rarement son processus de développement (et ce, même si on admet généralement « la règle de 10 ans », selon laquelle il faut au moins dix ans pour devenir un expert dans un domaine). En fait, le postulat plus ou moins explicite des travaux effectués selon cette approche est qu'il importe tout d'abord de bien cerner la performance des experts avant de pouvoir étudier l'apprentissage ou le développement cognitif menant vers l'expertise (Campbell & Di Bello, 1996). C'est la raison pour laquelle la majorité des recherches privilégient la comparaison expert-novice, bien que la répartition des personnes dans les catégories « expert » ou « novice » peut poser des problèmes méthodologiques. Par exemple, des études menées dans un même domaine (la médecine) peuvent considérer les finissants en médecine comme des novices s'ils sont comparés aux médecins praticiens, ou bien comme des experts s'ils sont comparés aux étudiants de première année en médecine. En outre, l'utilisation de tests de connaissances classiques et

---

(contrairement à l'approche « objectiviste » : voir note 6). Cette approche repose sur le postulat que le monde extérieur n'a pas de forme préexistante au sujet connaissant, et, par conséquent, ne peut être connu ni perçu directement. Elle propose que l'apprentissage consiste à donner une forme viable à l'expérience subjective.

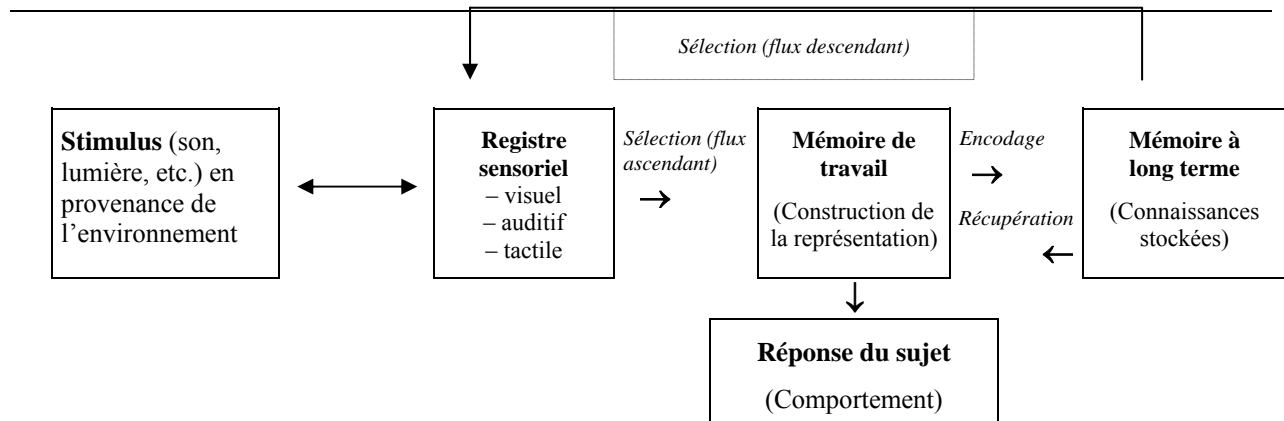
<sup>7</sup> La cognition située est une approche récente en sciences cognitives qui propose que les connaissances individuelles émergent de la participation aux pratiques sociales et culturelles adoptées dans la communauté et historiquement façonnées. Pour plus d'information sur cette approche, voir (Basque, sous presse).

standardisés peut poser problème. Ce type de tests peut aisément démontrer des différences entre des étudiants de première année et des finissants en médecine, mais plus difficilement des différences entre des finissants et des médecins praticiens. En fait, dans ce dernier cas, on a même observé une détérioration de la performance chez les praticiens à certaines mesures de raisonnement clinique (Schmidt, Norman, & Boshuizen, 1990). On peut donc supposer que ce type de tests de connaissances ne permet pas de rendre compte de certaines formes de connaissances spécialisées qui se développent durant la pratique et que, par conséquent, ils conduisent à sous-estimer les habiletés des experts. Cet état de choses a été laconiquement résumé par Ormerod, Fritz, & Ridgway (1999) par l'expression « Les experts font de piètres novices ».

### **1.2.2 Remarques théoriques**

Dans la plupart des recherches empiriques sur l'expertise, les chercheurs se sont intéressés à ce que les experts savent et comment ils le savent, autrement dit à leurs structures mentales et à leurs processus cognitifs. Cette tendance a été résumée comme suit : « *becoming an expert can be reduced to finding the right representation for a particular problem* » (Carlson, 1997). Ces recherches ont été effectuées en se référant à l'approche classique du traitement de l'information qui accorde une place centrale à la notion de représentation mentale (c'est pourquoi on l'appelle l'approche *symbolique* du traitement de l'information). Pour exposer les grandes lignes de cette approche, nous nous appuyerons essentiellement sur les ouvrages de Bisseret (1995) et Richard (1995).

L'activité mentale humaine est, en toute situation, orientée vers un but. Pour réaliser cette activité, l'individu doit d'abord interpréter la situation, c'est-à-dire s'en construire une représentation mentale en mettant en œuvre des processus cognitifs divers (par exemple, des processus de raisonnement, de reconnaissance de formes, de résolution de problème). Cette représentation est dite « circonstancielle » et parfois appelée « modèle mental » ou encore « modèle situationnel », puisqu'elle est construite pour les besoins de l'action dans une situation donnée : elle dépend des contraintes situationnelles telles que représentées par l'individu, mais aussi des données qu'il perçoit et qu'il sélectionne dans l'environnement. Au cours de ce processus de construction de sa représentation de la situation, qui a lieu en mémoire de travail (appelée aussi mémoire à court terme), l'individu fait également appel aux connaissances qu'il possède déjà et qui relèvent de la mémoire à long terme (MLT). Certaines des connaissances pertinentes à la situation se trouvent « activées » et deviennent ainsi disponibles pour « nourrir », en quelque sorte, le processus de construction de la représentation circonstancielle. La construction de la représentation circonstancielle est donc un processus circulaire à double flux : le flux ascendant (les données de la situation vont orienter la sélection des connaissances antérieures) et le flux descendant (les connaissances antérieures vont orienter la sélection des données dans la situation) (voir figure 1).



**Figure 1.** Les composantes du système humain de traitement de l'information (illustration s'inspirant d'une figure de Fortin & Rousseau (1989), p. 12).

Pour notre propos, il est important de souligner que la construction de la représentation s'effectue selon un dosage variable de flux ascendant et de flux descendant en fonction du degré de familiarité du sujet avec la situation et de son but. Ainsi, on distingue trois niveaux d'activité :

- 1) *l'exécution automatisée* a lieu dans des situations familières où l'individu possède des connaissances antérieures structurées en schémas d'action directement applicables à la situation et que cette application lui permet d'atteindre avec succès le but fixé;
- 2) *l'exécution non automatisée* a lieu dans des situations non familières ou encore complexes et dynamiques. Elle se produit lorsque l'individu possède des schémas d'action mais que ceux-ci ne suffisent pas à atteindre le but de la situation. L'individu doit alors procéder à l'élaboration des procédures d'action en s'appuyant sur ses schémas d'action et en prenant en compte les données de la situation;
- 3) *la résolution de problème* a lieu lorsqu'un individu ne possède pas de schémas d'action et doit élaborer de toutes pièces une représentation circonstancielle de la situation en s'appuyant sur ses connaissances antérieures et les données de la situation et en mettant en œuvre des procédures générales de recherche de solution.

Un expert n'exécute donc pas toujours les tâches de son domaine de manière automatisée. En effet, il adoptera l'un ou l'autre des trois niveaux d'activités selon son degré de familiarité avec la situation spécifique à laquelle il est confronté. Dans les deux derniers cas, il fera appel, de manière consciente, à ses connaissances stockées en mémoire à long terme ainsi qu'à la représentation circonstancielle qu'il construit dynamiquement en situation pour exécuter une tâche. Dans le premier cas, l'expert a si bien intégré le lien entre ses représentations de la situation et ses connaissances stockées en mémoire et qui sont nécessaires à l'exécution de la tâche que celle-ci est réalisée de manière automatisée. Il aura même de la difficulté à expliciter consciemment sa représentation de la situation et les connaissances utilisées au moment d'exécuter une tâche ou de résoudre un problème. On dira alors que les connaissances de l'expert sont « tacites ». Cependant, les experts sont tout à fait capables de fournir des rapports verbaux

informatifs concomitants (*i.e.* produits durant la tâche) et consécutifs (produits après la tâche), à la condition de bien choisir les tâches représentatives du domaine et de respecter certaines contraintes méthodologiques (Ericsson & Simon, 1980).

Nous présenterons dans les sections suivantes les différentes caractéristiques de l'expertise que les recherches ont permis d'identifier. On traitera d'abord des caractéristiques des connaissances stockées en MLT, en relation avec la construction de la représentation circonstancielle. Ensuite, nous discuterons de certaines stratégies cognitives mises en œuvre par un expert durant l'exécution non automatisée d'une tâche et lors d'une activité de résolution de problèmes. Enfin, nous traiterons des stratégies métacognitives des experts.

### ***1.2.3 Les connaissances de l'expert***

Outre leur caractère en partie tacite comme nous venons de le voir, les connaissances de l'expert peuvent être décrites comme étant : (1) spécifiques au domaine d'expertise, (2) idiosyncratiques, (3) organisées en schémas fonctionnels et (4) flexibles. Voyons plus en détail ce que signifie chacune de ces caractéristiques.

#### *1.2.3.1 Des connaissances spécifiques au domaine d'expertise*

Les recherches pionnières sur les experts dans le domaine du jeu d'échecs de de Groot (1965) et de Chase & Simon (1973) ont démontré clairement que l'essentiel des performances des experts réside dans leurs connaissances du domaine. Ces connaissances sont spécifiques, c'est-à-dire qu'elles sont limitées au domaine d'expertise et acquises durant la pratique dans le domaine. Ainsi, les connaissances des médecins experts dans leur domaine sont plus riches et plus différenciées que celles des novices. Par exemple, les médecins experts distinguent davantage de variantes d'une maladie (Ericsson & Lehmann, 1996), alors que les maîtres du jeu d'échecs peuvent distinguer des milliers de configurations de pièces qu'ils ont rencontrées durant leur carrière.

Cependant, cet avantage quantitatif existe seulement pour des informations pertinentes, à savoir celles qui sont significatives pour l'action dans le domaine. Ainsi, les novices mémorisent aussi bien que les experts, parfois même mieux, des informations qui ne revêtent pas de signification particulière dans la situation (Chi, Glaser, & Farr, 1988). Par exemple, une étude sur les performances mémorielles des programmeurs (Adelson, 1984) montre que les novices retiennent mieux les détails du code, alors que les experts sont plus attentifs à la structure globale de la tâche de programmation plutôt qu'au code. De plus, les experts jugent qu'il est plus facile de résoudre une tâche de programmation de nouveau, plutôt que de se remémorer une solution détaillée fournie, alors que c'est le contraire pour les novices. Un résultat similaire est obtenu par Zeitz (1994), qui a montré que les experts en littérature sont supérieurs aux novices en ce qui concerne le rappel au niveau conceptuel, alors que les novices sont meilleurs dans le rappel au niveau de la surface (« verbatim ») des textes littéraires.

En résumé, la meilleure performance des experts dans des tâches de mémorisation a été démontrée, dans les conditions suivantes :

- lorsque les informations à mémoriser concernent leur domaine d'expertise,
- seulement pour des patterns significatifs, c'est-à-dire ceux qui respectent les conventions du domaine,
- au niveau conceptuel plutôt qu'au niveau de la surface.

Les experts surpassent les novices en ce qui concerne non seulement la mémorisation à long terme, mais aussi celle à court terme. Les expérimentations menées par Bisseret et ses collègues (Bisseret, 1995) montrent que, dans une tâche de mémorisation en continu<sup>8</sup>, les aiguilleurs du ciel experts peuvent rappeler en moyenne 30 items (ici, des avions), ce qui est nettement supérieur aux limites généralement admises de la mémoire à court terme (7 plus ou moins 2 items). Ces résultats sont interprétés de la façon suivante : les experts procèdent au recodage des informations de la situation sous une forme utile pour la tâche en cours (ici, des configurations typiques de paires d'avions). Ces résultats ont été interprétés par le recours au concept de « mémoire opérationnelle » (Bisseret, 1995). Celle-ci ne constitue pas

[...] une image interne, simple copie abrégée, à laquelle l'opérateur ferait référence comme à un document, mais plutôt un ensemble de données quasiment prétraitées ou du moins enregistrées sous une forme telle que le traitement en soit préparé et facilité. De ce fait, cette mémoire serait très spécifique, très spécialisée pour la tâche qu'elle sert [...]. De plus, la sortie de mémoire ne s'opère avec sa pleine efficacité que dans une situation-stimulus très mimétique de la tâche. (Bisseret, 1995, p. 105).

Ces données indiquent que les connaissances expertes ne peuvent pas être séparées des stratégies cognitives, et, par conséquent, les stratégies cognitives ne sont pas transférables d'un domaine à un autre (Ericsson & Lehmann, 1996). Autrement dit, la performance de l'expert dans une tâche dépend de l'accessibilité des connaissances en relation avec cette tâche (Schmidt *et al.*, 1990).

Cependant, il se peut que certaines connaissances soient plus facilement généralisables que d'autres et donc capables de générer un transfert des compétences d'un domaine à un autre (Chi *et al.*, 1988). Par exemple, une formation appropriée en statistiques ou en raisonnement déductif favoriserait le transfert des habiletés de raisonnement d'un domaine à un autre (Holyoak, 1991). De même, certaines habiletés générales, telles que les habiletés en écriture ou en lecture, interagissent avec les connaissances expertes dans un grand éventail de domaines (Scardamalia & Bereiter, 1991).

### 1.2.3.2 Des connaissances idiosyncratiques

À l'intérieur d'un même domaine d'expertise, les experts présentent des variations notables en ce qui concerne la nature de leurs connaissances. Comme le soulignent Ericsson & Charness (1997), la performance similaire des experts peut être médiée par des connaissances dont le contenu et la structure diffèrent considérablement d'un expert à un autre. Souvent, le consensus entre les experts diminue avec leur expérience dans le domaine (Ericsson & Lehmann, 1996), et il est généralement meilleur dans les domaines bien définis (Shanteau, 2001).

Ainsi, les médecins experts élaborent les diagnostics des maladies en s'appuyant sur des connaissances très spécifiques, différentes d'un médecin à un autre et qui ne possèdent que des relations superficielles avec les descriptions des cas figurant dans les ouvrages de médecine (Schmidt *et al.*, 1990). Des recherches rapportées par Shanteau (2001) indiquent que l'accord entre les diagnostics élaborés par des médecins, des psychologues cliniciens ou des experts financiers est très faible, la corrélation étant de l'ordre de 0.40 à 0.55 (proche du hasard). De même, l'expertise des gestionnaires des ressources humaines est très personnelle (Valkeavaara, 1999). Ces différences dans le contenu des connaissances peuvent être expliquées par le fait que

---

<sup>8</sup> Essentiellement, cette tâche consiste à indiquer au sujet des items (ici, des positions des avions dans le ciel) un à un et de façon continue et à lui demander d'en retenir le maximum possible. De temps à autre, le sujet est interrompu dans sa mémorisation et on lui demande de rappeler les items retenus.

la constitution des connaissances expertes est dirigée par le but et la structure de l'activité, et, par conséquent, elle est très dépendante des contraintes environnementales. Et comme de nombreux environnements professionnels se caractérisent par une rapide évolution des connaissances et des situations problématiques, il n'existe pas de solution optimale unique. Dans ces domaines, les désaccords entre les experts sont courants et nécessaires puisqu'ils leur permettent d'examiner les limites de leur connaissance du domaine, et de créer des connaissances nouvelles (Shanteau, 2001).

Une autre explication possible est que les connaissances des experts relèveraient du registre de la *mémoire épisodique*<sup>9</sup>, dont le contenu est spécifique à l'histoire de vie de chacun. Les médecins experts manifestent une excellente mémoire des cas rencontrés dans leur pratique, (ils se souviennent des cas rencontrés il y a 20 ans (Hassebrock & Pretula, 1990), et ils s'en servent pour traiter de nouveaux cas (Patel, Groen, & Frederiksen, 1986).

### 1.2.3.3 Des connaissances organisées en schémas fonctionnels

De nombreuses études ont démontré que ce n'est pas tant la quantité que la qualité des connaissances mémorisées qui compte, à savoir l'organisation des connaissances en mémoire (Chi, Feltovitch, & Glaser, 1981; Larkin, McDermott, Simon, & Simon, 1980; Glaser, 1986). Il est généralement admis que les différences entre les experts et les novices dans la construction de la représentation de la situation proviennent des différences dans la structuration de leurs connaissances en mémoire à long terme et non de leurs procédures générales de résolution de problèmes. Cette caractéristique essentielle de l'expertise a été résumée sous le slogan « *knowledge is power* » (Glaser, 1987). Comment les connaissances des experts sont-elles structurées ?

Comme on l'a vu dans la section précédente, l'ensemble des recherches sur les structures des connaissances des experts indique que le but et la structure de l'activité jouent un rôle primordial dans la mise en mémoire. On constate que « la représentation et la procédure sont fortement intégrées : le fonctionnement de la procédure provoque une mise en mémoire différentielle des variables de telle sorte que celles qui sont le plus souvent nécessaires à la procédure sont justement le mieux mémorisées » (Bisseret, 1995). Cette intégration des connaissances procédurales et déclaratives<sup>10</sup> conduit à la formation de structures mémorielles spécifiques, à savoir des *schémas* et des *scripts*<sup>11</sup>. Les schémas constituent des blocs de connaissances récupérés en mémoire comme des totalités autonomes par rapport aux autres connaissances. Un schéma

---

<sup>9</sup> Il revient à Tulving [Tulving, 1972 #1049] d'avoir proposé une distinction entre *mémoire épisodique* et *mémoire sémantique*. La mémoire épisodique contient toutes les informations reliées à des expériences personnelles et que l'on peut situer dans le temps et l'espace (ex : un rendez-vous chez le médecin, ce qu'on a fait dimanche dernier, les détails d'une conversation avec un ami, etc.). La mémoire sémantique se définit comme étant les « connaissances générales sur le monde, indépendamment du lieu et du temps de leur constitution » (Gaonac'h, dans [Houdé, 1998 #800], p.257) (ex : savoir que le premier ministre du Québec élu en 1976 est René Lévesque ou encore que  $2 + 2 = 4$ ).

<sup>10</sup> Les connaissances *déclaratives* sont des connaissances qui portent sur les concepts, c'est-à-dire des unités cognitives liées en mémoire à un mot ou à une expression et regroupant une classe d'objets, d'actions, d'événements, etc. Les connaissances déclaratives sont indépendantes de leurs conditions d'emploi. En revanche, les connaissances *procédurales* sont dépendantes de leurs conditions d'emploi et concernent les savoir-faire mis en œuvre durant la manipulation des objets physiques ou symboliques (des concepts). On dit souvent que les connaissances déclaratives correspondent au « quoi » et les connaissances procédurales au « comment ».

<sup>11</sup> Le terme « schéma » est en principe utilisé de façon générique et englobe celui de « script ». La spécificité des scripts réside dans l'agencement de leurs éléments dans un ordre temporel.

décrit non pas des propriétés intrinsèques des objets mais des situations dans lesquelles se rencontrent les objets et les actions, situations qui sont assez fréquentes pour être stabilisées en mémoire (Richard, 1995). En d'autres termes, les structures des connaissances des experts contiennent des connaissances procédurales (*comment* faire) couplées à des connaissances sur les conditions explicites de leur applicabilité (*quand* faire)<sup>12</sup> et à des schémas d'objets qui peuvent être instanciés au besoin (le *quoi* ou les connaissances déclaratives) (Chi *et al.*, 1988; Chi, Glaser, & Rees, 1982; Ericsson & Charness, 1994; Glaser, 1986; Schmidt & Boshuizen, 1993; Sternberg, 1997).

Les schémas des experts présentent deux caractéristiques : le laconisme et la déformation fonctionnelle :

Lors de l'acquisition de l'expérience, l'expert, pour réussir et améliorer sa performance d'une part va construire une représentation très simplifiée de la situation en n'en représentant que les seules caractéristiques nécessaires (laconisme), d'autre part, peut aller jusqu'à construire une représentation du réel déformée mais de telle sorte que ces déformations facilitent les traitements (Bisseret, 1995), p. 125).

Ainsi, Schmidt *et al.* (1990), dans leurs études sur l'expertise médicale, ont montré que les médecins experts établissent des diagnostics de cas difficiles sur la base de connaissances structurées en « scripts de maladies » (*illness scripts*). Un script de maladie consiste en un réseau causal simplifié reliant les symptômes aux conditions et aux conséquences des maladies. Contrairement à un réseau causal qu'élaborent des médecins débutants, il contient relativement peu de connaissances sur des causes pathophysiologiques des maladies.

Une autre illustration du caractère économique des schémas des experts est fournie par les recherches qui montrent qu'ils sont organisés selon les principes abstraits sous-jacents au domaine de l'expertise, alors que les connaissances des novices sont organisées selon des traits superficiels, tels que les caractéristiques perceptives des objets ou des actions. Par exemple, dans le domaine de la physique, les novices se représentent la situation (ex. : un plan incliné) comme un ensemble statique de relations spatiales et de propriétés d'objets, ce qui les conduit à élaborer la solution sur la base des caractéristiques des objets données explicitement dans la description du problème. En revanche, les experts se représentent cette même situation comme une entité qui sert une fonction particulière et qui dépend des principes de la mécanique. Par conséquent, pour élaborer la solution d'un problème, ils utilisent des principes de mécanique (ici, les lois de Newton) (Chi *et al.*, 1982; Glaser, 1987; Feltovich, Spiro, & Coulson, 1997, Larkin *et al.*, 1980).

L'existence de déformations fonctionnelles des connaissances expertes a été démontrée par plusieurs recherches fondées sur des épreuves de catégorisation.<sup>13</sup> Ainsi, Visser & Falzon (1992/3), dans une étude sur la catégorisation des concepts du domaine de l'industrie aérospatiale par deux experts de conception de pièces, montrent comment des expériences professionnelles différentes conduisent à la construction de catégories du domaine fonctionnellement déformées. Le premier expert (E1), reconnu par les pairs comme étant l'expert du domaine, a travaillé surtout dans l'atelier où les pièces ont été fabriquées, alors que le deuxième expert (E2) a travaillé surtout dans le « bureau d'études » du même département. La catégorisation du domaine produite par E2 paraît plus riche, plus exhaustive et plus « objective » que celle de E1, puisque ce

<sup>12</sup> On parlera alors de connaissances *conditionnelles* ou *stratégiques*. Ces connaissances font référence au savoir que possède un individu sur *quand* et *pourquoi* utiliser telle ou telle stratégie ou tel ou tel concept au cours d'une activité cognitive.

<sup>13</sup> La catégorisation est une activité cognitive visant à ranger dans une même classe des objets de même nature.



premier a élaboré des catégories plus générales et plus abstraites. En revanche, la catégorisation de E1 n'est pas exhaustive (ne couvre pas l'ensemble de catégories qui résultent de l'application des dimensions de catégorisation qu'il cite) et certaines des sous-catégories citées s'hypertrophient au point de se voir attribuer le statut de catégorie. Ces résultats montrent que ses connaissances sont modelées par sa pratique et son travail d'atelier, *i.e.* par la réalisation effective de pièces, alors que l'activité de E2 l'a amené à une catégorisation indépendante de la tâche, et par conséquent, plus abstraite. Des résultats similaires qui conduisent à penser qu'il existe différents « types » d'expertise ont été obtenus dans les recherches conduites dans des domaines tels que la conception pédagogique (Ormerod *et al.*, 1999), la programmation (Doane, Pellegrino, & Klatzky, 1990) et la géométrie (Koedinger & Anderson, 1990).

#### *1.2.3.4 Des connaissances flexibles*

Les connaissances des experts se caractérisent par leur flexibilité. Par exemple, le raisonnement des médecins experts dépend de leurs schémas, mais pourtant il reste sensible au contexte et à la grande variabilité des cas possibles (Feltovich *et al.*, 1997). De plus, bien que les connaissances théoriques soient « encapsulées » chez les experts, elles restent mobilisables et sont utilisées lorsque les stratégies orientées par les schémas échouent (Schmidt & Boshuizen, 1993).

Ainsi, le processus d' « insight », caractéristique de la performance experte (l'expert « voit » la solution au problème) et souvent décrit dans la littérature (Dreyfus, 1997; Dreyfus & Dreyfus, 1986) correspondrait aux processus d' « encodage sélectif » et de « combinaison sélective » qui s'avèrent critiques pour l'expertise (Sternberg, 1997). L'encodage sélectif a lieu lorsque la personne réalise la pertinence de certaines informations de la situation en même temps que la non pertinence des autres. La combinaison sélective a lieu lorsque la personne assemble les informations sélectionnées de façon créative (par exemple, lorsque le médecin combine différents symptômes et les résultats de tests médicaux pour faire un diagnostic).

Récemment, les chercheurs insistent de plus en plus sur le fait que ce n'est pas tant l'organisation des connaissances qui importe mais l'utilité de cette organisation dans l'analyse des problèmes rencontrés. Autrement dit, les experts savent *comment* utiliser leurs connaissances pour résoudre les problèmes de leur domaine (Ormerod *et al.*, 1999; Sternberg, 1997; Zsombok & Klein, 1997). Ils ont des connaissances dites *conditionnelles* ou *stratégiques*. Les différences entre les experts et les novices proviendraient essentiellement des meilleures capacités d'analyse des premiers. Les experts sont capables de reformuler et de redéfinir les problèmes et ainsi de trouver des solutions ingénieuses et nouvelles aux problèmes rencontrés dans la pratique professionnelle. Surtout, ils sont capables d'appliquer leurs habiletés d'abstraction aux contraintes réelles du domaine.

#### *1.2.4 Les stratégies cognitives des experts dans différentes situations*

L'ensemble des recherches empiriques sur l'expertise indique que les connaissances expertes ne peuvent pas être séparées des stratégies cognitives mises en œuvre durant les activités de jugement, de raisonnement, de planification, et, tout particulièrement, de résolution de problèmes. Dans les sections suivantes, nous illustrerons à l'aide de quelques exemples comment la performance des experts dans ces tâches dépend fortement de la sélection et de l'accessibilité des connaissances pertinentes.

#### 1.2.4.1 Jugement et prise de décisions

Les inférences liées au jugement et à la prise de décision font partie de toutes les activités de compréhension d'une situation. Elles sont en rapport direct avec des décisions d'action, et surtout avec des activités de diagnostic.

Lipshitz & Shaul (1997) ont montré qu'avant de prendre des décisions, les experts colligent davantage d'informations, et ce, sur des aspects plus variés de la situation et à partir de sources plus nombreuses. Ces données sont convergentes avec celles de Amalberti & Deblon (1992) qui indiquent que les experts passent plus de temps à tenter de comprendre le problème et à construire une représentation de l'environnement de la tâche. L'avantage des experts reposerait essentiellement sur leur habileté à sélectionner les informations pertinentes dans la situation : même si les experts et les novices ne diffèrent pas quant au nombre de questions posées, les premiers posent des questions plus pertinentes (Serfaty, MacMillan, Entin, & Entin, 1997). D'autre part, les experts construisent plusieurs interprétations de la même situation et considèrent davantage les perspectives des autres dans leur prise de décision. Ces résultats sont relayés par ceux de Serfaty *et al.* (1997), qui indiquent que les experts sont plus capables de se décentrer et même de considérer la situation du point de vue adverse. Cependant, dans de nombreux domaines « mal définis », tels que la psychologie clinique, l'économie ou la psychiatrie (Johnson, 1988), les performances de diagnostic ou de pronostic des experts ressemblent à celles des novices. Dans ces domaines, des modèles statistiques de régression qui combinent un petit nombre de traits habituellement disponibles aux experts font presque toujours mieux que les experts eux-mêmes. La principale faiblesse des experts serait ici de sous-estimer des informations banales, c'est-à-dire des données habituelles, et de surestimer les données spécifiques au cas (inhabituelles). Autrement dit, la pondération qu'ils accordent aux deux types de données est biaisée par la négligence des informations typiques et la focalisation sur les informations atypiques.

En revanche, les jugements des experts humains sont supérieurs à des modèles statistiques dans des domaines bien définis, qui ont développé des théories qui supportent ces inférences tels que la médecine, le droit ou le bridge.

#### 1.2.4.2 Planification

La planification consiste à construire et/ou utiliser des représentations anticipatrices hiérarchisées (c'est-à-dire des plans) pour guider l'activité (Hoc, 1987).

Les habiletés de planification sont une caractéristique essentielle de l'expertise, puisqu'elles exigent une bonne connaissance de la situation, ou, tout au moins, du domaine dont fait partie la situation. Dans des recherches sur l'apprentissage de la programmation, Hoc (1988) a démontré que des connaissances procédurales seules ne sont pas suffisantes pour développer une démarche de planification. Celle-ci passe par la prise de conscience des conditions qui expliquent pourquoi une procédure donnée atteint effectivement son résultat. Par exemple, les programmeurs novices ont beaucoup de difficultés à exprimer des procédures qu'ils savent pourtant parfaitement mettre en œuvre.

La planification est une stratégie cognitive exigeante en ressources mentales. Les recherches ont montré que les experts en rédaction de textes mettent plus d'efforts dans la planification de leurs textes, en considérant davantage de contraintes et en reformulant souvent les buts et les sous-buts (Scardamalia & Bereiter, 1991). Des résultats similaires ont été obtenus auprès d'experts en physique qui résolvent des problèmes non routiniers (Holyoak, 1991).

Les experts manifestent aussi des capacités de planification « opportuniste » qui consistent à réviser facilement les représentations du problème et à disposer de nombreuses interprétations de la situation, y compris des représentations « ennemies » (Serfaty *et al.* 1997). Dans des situations dynamiques et complexes, lorsque la nouvelle information apparaît, les novices sont moins flexibles et moins prompts à la prendre en considération (Feltovich *et al.*, 1997).

#### 1.2.4.3 Résolution de problèmes

Une situation devient un problème lorsqu'on n'a pas en mémoire les connaissances permettant de décider des actions à faire dans la situation; en d'autres termes, aucun schéma d'action correspondant à la situation n'est disponible (Richard, 1995).

On admet aujourd'hui que les difficultés de résolution de problèmes des novices peuvent être attribuées surtout à la nature de leur base de connaissances et non aux limitations de leurs capacités de traitement telles que des heuristiques générales de résolution de problèmes. En effet, les novices sont tout à fait capables d'utiliser de telles heuristiques, mais ils n'arrivent pas à inférer des connaissances nouvelles à partir de celles qui sont données dans la situation problématique (Glaser, 1986).

Les recherches sur les experts en physique ont montré que ceux-ci sont jusqu'à quatre fois plus rapides que les novices pour résoudre un problème (Larkin *et al.*, 1980), mais ils passent beaucoup plus de temps que les novices à analyser qualitativement le problème avant d'agir. Par exemple, face à un problème nouveau et difficile, les experts en physique essaient d'abord de le comprendre, alors que les novices commencent tout de suite à appliquer les équations. Deux hypothèses ont été avancées pour expliquer les processus à la base de cette analyse qualitative. Selon la première, la résolution de problèmes revient, pour les experts, à construire un modèle mental de la situation comprenant des objets et des mécanismes concrets évoqués par le problème (Chi *et al.*, 1988). Un tel modèle mental permet la production d'inférences sur des attributs des objets qui ne sont pas explicites dans le problème et qui doivent être déduits. Cependant, la représentation de la situation au niveau concret peut conduire à des inférences erronées ou inexacts construites sur la base de traits saillants mais non pertinents des objets ou des actions. Également, les représentations détaillées présentent le risque de devenir rapidement inopérantes à cause de leur sensibilité à l'interférence rétroactive provenant de traitements ultérieurs (Zeitz, 1997).

Selon la deuxième hypothèse, les experts résolvent des problèmes en s'appuyant sur des représentations modérément abstraites du domaine (MACR : *moderately abstract conceptual representation*) qui sont plus stables et mieux accessibles et qui peuvent être rappelées à partir d'un large éventail d'indices de rappel (Zeitz, 1997). Ces représentations intermédiaires servent de pont entre les conceptualisations très abstraites (formelles) et les conceptualisations concrètes. Par exemple, si on demande aux novices en physique d'expliquer quel type d'approche ils choisiraient pour résoudre un problème, ceux-ci suggèrent soit des stratégies très générales qui s'appliquent à n'importe quel domaine, soit des équations très spécifiques pour combiner les données quantitatives contenues dans l'énoncé du problème. En revanche, les experts fournissent des plans de solution au niveau intermédiaire de l'abstraction, *i.e.* qui sont basés sur les principes majeurs de la physique les plus pertinents pour résoudre le problème donné. Dans des domaines mal structurés tels que la critique d'art ou la politique, les MACR facilitent l'accès aux connaissances antérieures et la construction d'arguments combinant différents éléments d'observation portant sur le contenu et la forme de la situation. Ces représentations intermédiaires

agiraient aussi à la manière de filtres et permettraient le raisonnement *forward* (voir point 1.2.4.4) tout en évitant des inférences incorrectes.

Par ailleurs, les experts produisent des analyses plus détaillées et considèrent plus de possibilités que les novices. Ils considèrent également davantage de facteurs et des facteurs plus appropriés pour construire une représentation du problème. Par exemple, confrontés à un problème nouveau de conception, les experts en programmation explorent la conception globale du système de façon large, alors que les novices explorent le programme en profondeur et s'y perdent rapidement (Holyoak, 1991).

En conclusion, il faut souligner que les stratégies des experts sont très variées et changent en fonction du type de problème. C'est bien cette flexibilité des processus cognitifs de résolution de problèmes qui constitue le trait distinctif de l'expertise.

#### 1.2.4.4 Raisonnement

Le raisonnement concerne la production d'inférences caractérisées par :

- leur finalité : elles sont orientées vers la compréhension (résolution de problèmes en physique par exemple), ou l'élaboration de décisions d'action (le diagnostic par exemple);
- leur direction : les inférences produites sont plus générales que les informations initiales (généralisation) ou bien elles sont plus spécifiques (particularisation) (Richard, 1995).<sup>14</sup>

De nombreuses recherches ont montré qu'en situation de résolution de problème, les novices raisonnent en utilisant la stratégie « fins-moyens », qui consiste à construire la solution à partir du but hypothétique qu'il s'agit d'atteindre, en confrontant les données inconnues (le but à atteindre) aux données connues du problème (cette stratégie est dite *backward*, ou « à partir du but ») (Larkin *et al.*, 1980). En revanche, dans ces mêmes situations, les experts raisonnent à partir des données connues de la situation afin d'atteindre le but assigné (stratégie dite *forward* ou « à partir des données ») (Schmidt *et al.*, 1990).<sup>15</sup> Par exemple, dans la résolution de problèmes de physique, la stratégie de l'expert est de générer successivement les équations comportant les variables données dans l'énoncé du problème, tandis que le novice commence avec l'équation qui contient l'inconnue du problème. Le fait que les novices utilisent une stratégie qui est considérée comme plus sophistiquée car apparentée au raisonnement hypothético-déductif caractéristique de la démarche scientifique, peut être interprété comme suit : les experts n'ont pas besoin d'un raisonnement complexe pour résoudre des problèmes familiers. Ils possèdent des connaissances procédurales spécialisées qui peuvent être appliquées directement aux données du problème. Au lieu d'employer des stratégies coûteuses en ressources cognitives, les experts catégorisent les problèmes à l'aide de concepts généraux et les appariant à des méthodes de résolution qu'ils ont éprouvées (Chi *et al.*, 1982). Surtout, ils sont capables de sélectionner les données pertinentes et de négliger celles qui ne sont pas pertinentes dans une situation donnée. En effet, pour que ce type de raisonnement produise des inférences fiables, les informations initialement sélectionnées

---

<sup>14</sup> On parlera de raisonnement *inductif* lorsque les inférences produites par l'individu sont plus générales que les informations initiales (*i.e.* il s'agit de tirer une conclusion générale à partir de prémisses spécifiques) et de raisonnement *déductif* lorsqu'elles sont plus spécifiques (*i.e.* il s'agit d'identifier une conclusion spécifique à partir d'un ensemble de prémisses générales).

<sup>15</sup> Par exemple, un médecin qui utiliserait une stratégie *backward* ferait d'abord une hypothèse de maladie et y comparerait les symptômes du patient, puis, si les symptômes ne correspondent pas à l'hypothèse initiale, il passerait à une autre hypothèse de maladie jusqu'à ce qu'il identifie la maladie qui correspond le mieux aux symptômes décrits par le patient, alors que le médecin qui utiliserait une stratégie *forward* s'appuiera d'abord sur les symptômes du patient pour formuler une première hypothèse d'une maladie.

doivent être pertinentes et utiles. Autrement dit, les experts savent ce qu'il *ne faut pas* faire (Patel & Groen, 1991). Cependant, le fait que les meilleures performances de raisonnement manifestées par les experts soient étroitement liées à leur connaissance du domaine présente aussi des désavantages : les experts sont moins flexibles que les novices lorsque les principes ou les règles du domaine sont changés (Zeitz, 1997).

Dans le cas du raisonnement mis en œuvre dans un diagnostic, les différences entre experts et débutants sont les mêmes que celles constatées dans la résolution de problèmes : les experts raisonnent habituellement à partir des données de la situation, mais mettent en œuvre le raisonnement hypothético-déductif dans les cas inhabituels (Groen & Patel, 1988). Il s'avère que la mise en œuvre de l'une ou l'autre stratégie dépend surtout du fait qu'on ait déjà rencontré ou non un cas semblable. Ainsi, un débutant peut très bien exhiber une stratégie d'expert sur un cas connu (Hoc & Amalberti, 1994).

### **1.2.5 Les stratégies métacognitives**

De nombreux auteurs ont souligné le fait que les experts démontrent de grandes capacités métacognitives, qui sont, dans une large mesure, spécifiques aux domaines de connaissances (Glaser, 1987). Ces capacités incluent celles d'être capable de bien juger les limites de ses connaissances (autrement dit, savoir que l'on sait ou que l'on ne sait pas), ainsi que des capacités de planification et de gestion efficace du temps et des ressources cognitives et environnementales (Glaser, 1987). Parmi les capacités d'autorégulation, les experts manifestent un grand nombre de stratégies de suivi de l'exécution de l'action et de partage de l'attention, ainsi qu'une grande sensibilité au feedback informationnel (Hrimech, 1998). Puisque l'automatisme dans l'exécution des tâches basiques leur permet de libérer des ressources de la mémoire de travail, les experts peuvent allouer davantage de ressources cognitives aux processus de traitement profonds, tels que l'analyse et la synthèse (Sims-Knight & Upchurch, 1998).

De nombreuses recherches tendent à démontrer que l'aspect crucial de l'expertise est la pratique délibérée et réfléchie, c'est-à-dire celle que l'on effectue avec l'intention de se représenter comment faire mieux (Ericsson & Charness, 1994, 1997; Ericsson, Krampe, & Tesch-Römer, 1993). Ainsi, l'expert se caractérise par des habiletés développées de « réflexion dans l'action », telles que l'auto-observation, l'autosurveillance, et l'autoguidage.

## **1.3 Développement de l'expertise**

Le développement de l'expertise est continu et cumulatif, et, dans ce sens, il dépend fortement de l'expérience dans le domaine. Les résultats de nombreuses études convergent pour indiquer qu'il faut en moyenne 10 ans de pratique pour devenir expert dans un domaine (Ericsson *et al.*, 1993). Fruit d'une accumulation d'expériences, l'expertise constitue donc une caractéristique de l'âge adulte, même si on peut également rencontrer des enfants experts.

Cependant, l'expérience et la pratique seules ne conduisent pas à l'expertise. En effet, elles ne permettent pas de progresser vers la performance maximale, comme en témoigne le phénomène du « plateau » : de nombreuses personnes sont tout simplement compétentes dans leur domaine et le restent. On constate que l'amélioration des performances, une fois le plateau atteint, nécessite une réorganisation des habiletés, souvent difficile à mettre en œuvre, et qui nécessite une motivation supplémentaire (Ericsson *et al.*, 1993). On peut facilement le constater quotidiennement en observant des adultes aux performances médiocres dans des tâches qu'ils

effectuent pourtant très fréquemment (par exemple, la conduite automobile) (Duncan, Williams, & Brown, 1991).

Ce constat est confirmé par les résultats de plusieurs études empiriques indiquant que l'expertise n'équivaut pas à l'expérience, mesurée par le nombre d'années de pratique. Cette dissociation a été observée dans des études sur les activités de pronostic, de prise de décision et de jugement dans de nombreux domaines, par exemple, en psychologie, en médecine, en sciences infirmières, en audit comptable et en finances (Camerer et Johnson, 1991; Ericsson & Lehmann, 1996).

Si l'expérience ne constitue pas une condition suffisante au développement de l'expertise, quels autres facteurs doivent être pris en considération ? Pour apporter des réponses à la question des conditions du développement de l'expertise, les chercheurs se sont retrouvés confrontés à trois grandes questions liées :

- En quoi consiste exactement l'apport de l'expérience ?
- En quoi consiste le processus du développement des connaissances expertes ?
- Ce processus est-il général, c'est-à-dire indépendant des domaines de connaissances ou d'action, ou bien spécifique, c'est-à-dire dépendant du domaine ?

Notre recension indique que les approches théoriques élaborées sont diverses et intéressantes, mais elles restent partielles, en ce qu'elles n'apportent pas de réponses convaincantes à l'ensemble des questions relatives au développement de l'expertise. Nous allons illustrer ci-dessous brièvement les apports théoriques et empiriques les plus représentatifs de ce champ de recherche et qui traitent des questions soulevées plus haut.

### ***1.3.1 L'apport de l'expérience***

De nombreux résultats de recherches tendent à démontrer que le développement de l'expertise est davantage lié à la pratique qu'aux prédispositions innées des individus.

Ainsi, les tests standardisés mesurant des composantes simples des habiletés cognitives, perceptives ou motrices, échouent à prédire la performance finale dans des activités du domaine d'expertise. Par exemple, des athlètes de haut niveau sont capables de réagir plus vite et mieux que des non-athlètes dans des tâches de discrimination de stimuli perceptifs, mais uniquement dans des situations représentatives de leur domaine. De même, les champions d'échecs ont une meilleure mémoire pour les présentations brèves des stimuli représentatifs de leur domaine (configurations de pièces), mais tout à fait ordinaire en ce qui concerne les autres stimuli, ou les stimuli du domaine arrangés de façon non signifiante (Ericsson & Charness, 1994).

On constate un phénomène similaire en ce qui concerne les habiletés intellectuelles générales. Par exemple, la relation entre le quotient intellectuel (Q.I.) général et la performance exceptionnelle des experts est faible dans de nombreux domaines, y compris en musique et aux échecs. Pour les scientifiques, les ingénieurs et les médecins experts, la corrélation entre les mesures de Q.I. et le succès professionnel est seulement de 0.2 et rend compte de 4 % de la variance observée (Ericsson *et al.*, 1993).

Bien que la question de l'influence des facteurs génétiques soit toujours controversée, les données issues de nombreux travaux sur les performances des experts dans les domaines des arts, du sport et des sciences indiquent que l'origine des performances supérieures de certains individus réside dans une longue pratique effectuée dans le but d'améliorer ses performances : « *to attain exceptional levels of performance, subjects must [...] undergo a very long period of*

*active learning, during which they refine and improve their skill, ideally under the supervision of a teacher or coach* » (Ericsson & Charness, 1994).

Ce type de pratique, appelée « pratique délibérée » (Ericsson *et al.*, 1993), consiste en activités spécialement conçues pour améliorer le niveau d'expertise. Ces activités, dont le but explicite est l'amélioration de la performance, doivent être structurées de façon à maximiser le feedback informatif sur l'action. Idéalement, la pratique délibérée devrait s'effectuer selon les modalités du tutorat individualisé, permettant à l'apprenant de bénéficier d'un diagnostic personnalisé des erreurs et des conseils sur les façons d'y remédier. La pratique délibérée nécessite un effort soutenu, c'est pourquoi elle est très exigeante du point de vue cognitif et motivationnel. Comme le remarque Hrimech (1998), « le problème de produire un expert ne serait pas de sélectionner quelqu'un qui possède une capacité spéciale mais plutôt de créer et de maintenir la motivation nécessaire pour passer à travers une période de formation longue et soutenue » (p. 264).

C'est pourquoi on ne peut s'y consacrer que quelques heures par jour et de nombreuses études démontrent que l'augmentation de temps journalier consacré à la pratique délibérée n'améliore pas la performance. Au contraire, pour que celle-ci soit pleinement efficace, l'individu doit s'accorder un temps de repos entre les séances, autrement dit, préserver l'équilibre entre l'effort et la récupération. Une telle pratique peut même améliorer la performance des individus déjà très expérimentés.

Un autre type de pratique a été mis de l'avant par Di Bello (1996) dans une étude sur les travailleurs qui apprennent à se servir d'un système informatisé (*Computer Integrated Manufacturing Technology*: MRP-II). Cette recherche a montré que certaines activités des travailleurs étaient plus susceptibles de les amener à développer une expertise dans ce domaine. Ces activités dites « constructives » sont caractérisées par l'existence de buts bien définis et de moyens peu définis. Durant de telles activités, les individus ont la possibilité d'expérimenter leurs propres solutions aux problèmes posés par l'utilisation du système, en développant des procédures qui permettent d'atteindre le but, et cela favorise la construction en profondeur des connaissances sur le système. En revanche, les activités dites « procédurales », qui ont des moyens bien définis mais dont le but n'est pas clair (ou il n'est pas compris comme tel), conduisent à la compétence dans l'utilisation du système mais non à l'expertise.

### ***1.3.2 Le processus de développement de l'expertise***

Les premiers modèles cognitifs du développement des connaissances ont mis généralement l'accent sur le fait que la pratique conduit au développement de connaissances procédurales, caractérisées par une augmentation de l'automatisme de l'exécution, et ce, quel que soit le domaine : « *Acquiring expertise is to be seen as the successive development of procedurally oriented knowledge structures that facilitate the process of expertise* » (Glaser, 1986, p. 926).

Cette approche s'inspire des modèles cognitifs du développement des connaissances basés sur les architectures de *systèmes de production de règles*,<sup>16</sup> telles que le système de production sériel (Newell, 1973) et la théorie ACT de Anderson (1976, 1983). Ces architectures fournissent une

---

<sup>16</sup> Une *production* est une règle du type SI... ALORS, dans laquelle la clause *SI* spécifie une ou plusieurs conditions qui doivent exister pour que la clause *ALORS* soit exécutée. Voyons un exemple d'une production : *Si l'ordinateur ne démarre pas, vérifiez le branchement de l'appareil*. Un *système de production* comprend une série de telles règles, de même qu'un mécanisme dissocié de cette liste, qui permet de décider quand et comment appliquer la règle.

tableau fondamentalement simple du développement de l'expertise, le mieux articulé et empiriquement illustré par la théorie d'Anderson sur la « compilation » des connaissances. L'idée centrale de ces modèles du développement des connaissances est que l'opérateur des séquences qui conduisent à une résolution de problème réussie peut être « caché » et devenir ainsi une nouvelle règle spécialisée de production qui va conduire à une meilleure résolution de problème dans l'avenir. La compilation des connaissances est reliée à la théorie du développement de l'automatisme avec la pratique de la tâche, exprimée en termes de « loi de pratique » (Sternberg, 1995).

Cependant, comme l'ont souligné certains auteurs (Campbell & Di Bello, 1996), la « loi de pratique » permet seulement de décrire l'exécution plus rapide, avec la pratique, des mêmes habiletés, mais elle n'explique pas comment les habiletés sont modifiées ou les nouvelles habiletés acquises. En d'autres termes, l'hypothèse d'automatisme présuppose que l'habileté qui est automatisée reste la même qu'avant, sauf qu'elle n'exige plus l'attention consciente pour l'exécuter, alors qu'on peut légitimement supposer que quand une activité devient plus automatique, cela veut dire que la personne qui l'exécute a acquis des habiletés nouvelles.

De plus, les travaux effectués sur la base des méthodologies qui font appel à la comparaison expert-novice ont également été critiqués. Cette distinction binaire « tout ou rien » constituerait un obstacle à la compréhension du processus du développement de l'expertise, puisqu'elle ne prend pas en compte son caractère continu et socialement situé, ou celui de différents types d'expertise.

Plusieurs chercheurs ont tenté de combler ces lacunes en proposant des modèles qui insistent sur le changement qualitatif ayant lieu durant le cheminement vers l'expertise. Nous décrivons à titre d'exemple deux de ces modèles, un modèle général, celui de Dreyfus et Dreyfus (1986), et son illustration par une étude empirique de l'expertise infirmière conduite par Benner (1995), et un modèle spécifique du domaine, celui de Schmidt et ses collègues (1990), développé pour rendre compte du développement de l'expertise chez des médecins.

### *1.3.2.1 Un modèle général du développement de l'expertise : Le modèle « intuitif » de Dreyfus et Dreyfus<sup>17</sup>*

Selon Dreyfus et Dreyfus (1986), le développement de l'expertise est une progression du comportement analytique d'un sujet « détaché », décomposant consciencieusement son environnement en éléments reconnaissables et suivant des règles abstraites, vers un comportement « habile et impliqué », basé sur un appariement holistique de situations nouvelles avec des situations passées similaires. Leur modèle du développement de l'expertise est général, puisqu'il stipule que la même séquence de niveaux est valable pour le développement de l'expertise dans tous les domaines. Ils proposent une progression en cinq stades successifs que

---

<sup>17</sup> Ce modèle influent, exposé pour la première fois par les frères Dreyfus dans leur livre *Mind over machine : The power of human experience in the era of computer*, valorise le traitement holistique fondé sur « l'intuition ». Il s'inscrit dans le cadre d'un plaidoyer contre les travaux qui visent à remplacer les experts humains par des systèmes experts dont ils questionnent la valeur éthique et l'utilité puisque « nous avons besoin de plus d'experts et non de moins d'experts ». Pour ces auteurs « *Intuition or know-how, as we understand it, is neither wild guessing nor supernatural inspiration, but the sort of ability we all use all the time as we go about everyday tasks* » (Dreyfus & Dreyfus, 1986, p. 29).



nous illustrerons avec des exemples provenant d'une étude empirique sur l'expertise des infirmières (Benner, 1995).

- 1) **Novice**. Le novice apprend à reconnaître les faits objectifs du domaine et leurs relations avec les habiletés exigées dans le domaine. Sur cette base, il acquiert les règles pour déterminer quelles sont les actions appropriées et attendues. Les connaissances et les règles acquises sont indépendantes du contexte, c'est-à-dire qu'elles sont appliquées sans référence à la situation entière (le contexte) de la tâche particulière. Comme le rapporte Benner (1995), les règles apprises :

[...] imposent à la novice un comportement typique extrêmement limité et rigide. Le cœur de la difficulté réside dans le fait que, puisque les novices n'ont aucune expérience de la situation à laquelle elles ont à faire face, il faut leur donner des règles afin de les guider dans leurs actes. Mais le fait de suivre ces règles va à l'encontre d'un comportement correct parce qu'elles ne peuvent leur indiquer quels sont les actes les plus utiles en situation réelle (p. 24).

Benner souligne que ce comportement est typique non seulement des infirmières qui viennent de quitter l'école mais aussi de toute infirmière intégrant un service dont elle ne connaît ni la pathologie des malades ni le matériel utilisé.

- 2) **Débutant avancé** (*advanced beginner*). À cette étape, la confrontation avec des situations réelles et l'expérience pratique qui en résulte conduit le débutant à prendre en compte un plus grand nombre de faits, mais toujours de façon indépendante du contexte. Les règles utilisées deviennent plus sophistiquées puisqu'elles peuvent maintenant s'appliquer aussi bien aux éléments indépendants du contexte qu'aux éléments situationnels (dépendants du contexte). Ainsi, une infirmière débutante peut à présent

[...] formuler des principes qui dictent les actions en termes à la fois d'attributs et d'aspects. Ces principes qui présupposent des éléments significatifs fondés sur l'expérience sont appelés 'indications'. Elles intègrent autant d'attributs et d'aspects que possible, mais ont tendance à ignorer ce qui les différencie d'une manière importante; c'est-à-dire qu'elles donnent à tous les attributs et à tous les aspects la même importance » (Benner, 1995, p. 26).

De plus, comme les novices, les débutantes « ne peuvent appréhender qu'un petit aspect de la situation : cela est trop nouveau, trop étrange, et, de plus, elles doivent se concentrer sur les règles qu'on leur a apprises » (Benner, 1995, p. 26). Une infirmière experte en néonatalogie décrit ainsi le comportement des infirmières débutantes : « Si je dis : « Faites ces huit choses », elles les font sans se préoccuper que l'autre bébé crie à en perdre le souffle. Lorsqu'elles s'en rendent compte, elles restent plantées là, ne sachant que faire » (Benner, 1995).

- 3) **Compétent** (*competent*). L'expérience acquise par le compétent lui permet de reconnaître un nombre croissant d'éléments indépendants et dépendants du contexte. Cette reconnaissance peut même devenir trop importante et conduire à perdre le sens de ce qui est vraiment important dans une situation donnée. Les décisions sont prises sur la base d'une hiérarchie de buts, c'est-à-dire d'un plan préalablement organisé. La combinaison de la subjectivité croissante de ses connaissances et de la nécessité d'action ressentie dans la situation est à l'origine d'un nouveau type de relation entre le compétent et son environnement : celui-ci se sent responsable de ses actions, personnellement impliqué et concerné par les résultats de ses choix. Dans l'approche de Dreyfus et Dreyfus, les processus de « résolution de problèmes » étudiés en psychologie cognitive caractériseraient la compétence et non l'expertise : « When

*things are proceeding normally, experts don't solve problems and don't make decisions, they do what normally works* » (Dreyfus & Dreyfus, 1986). Selon Brenner, une infirmière est compétente :

[...] lorsqu'elle commence à percevoir ses actes en termes d'objectifs ou de plans à long terme dont elle est consciente. Ce plan dicte quels attributs et aspects de la situation présente ou envisagée doivent être considérés comme les plus importants, et ceux que l'on peut ignorer. Ainsi, pour une infirmière compétente, le plan établit une perspective et se fonde sur une analyse consciente, abstraite et analytique du problème. [...] [elle] n'a pas la rapidité ni la souplesse de l'infirmière performante, mais a bien le sentiment de maîtriser les choses et d'être capable d'y faire face afin de traiter de nombreux imprévus qui sont le lot de la pratique infirmière (Benner, 1995).

- 4) **Performant (proficient)**. À ce stade, l'individu devient encore plus impliqué dans sa pratique. Les règles et les connaissances apprises sont graduellement remplacées par des connaissances expérimentées et structurées en ensembles (patterns) signifiants. La reconnaissance immédiate de la situation devient un processus prépondérant et le comportement « intuitif » remplace le comportement basé sur un plan préétabli. Par exemple, une infirmière performante commence à voir la situation

[...] comme un tout et non comme une liste de tâches à faire. [...]. Cette compréhension globale améliore son processus de décision qui devient de moins en moins laborieux parce que l'infirmière possède à présent une perspective lui permettant de savoir lesquels des nombreux aspects et attributs existants sont importants (Benner, 1995).

À la différence de l'infirmière compétente, l'infirmière performante prend en compte moins de possibilités et recueille moins d'informations sur la situation puisqu'elle est capable de s'orienter directement sur le problème.

- 5) **Expert**. Un expert manifeste des capacités de discrimination entre les différentes situations encore mieux développées, et, par conséquent, il est capable d'apparier rapidement la situation présente à une situation expérimentée dans le passé. Son action ne s'appuie plus sur des principes analytiques ni sur des stratégies générales de résolution de problèmes mais sur une manière intuitive d'appréhender directement la situation sans se perdre dans un large éventail de solutions et d'actions possibles mais inutiles. Selon Benner (1995), « il est difficile de se faire une bonne idée de ses capacités [celles de l'infirmière experte] parce qu'elle agit à partir d'une compréhension profonde de la situation globale » (p. 32). Celle-ci est à l'origine des difficultés éprouvées par les infirmières expertes à dire tout ce qu'elles savent, comme le rapporte cette infirmière experte en psychiatrie et qui a quinze ans de pratique : « Lorsque je dis à un médecin : « ce malade est psychotique », je ne sais pas toujours comment étayer mon affirmation. Mais je ne me trompe jamais parce que je connais les psychoses de A à Z. En effet, je le sens, je le sais et je m'y fie » (Benner, 1995).

Le modèle de Dreyfus et Dreyfus, qui se positionne clairement contre les modèles cognitifs computationnels basés sur des règles, parvient à saisir certains des aspects les plus frappants de l'expertise. Cependant, il lui manque une description du processus développemental responsable du passage d'un stade à un autre, puisqu'il ne propose à ce titre que l'accumulation inductive d'expériences (Campbell & Di Bello, 1996). L'aspect continu des stades du développement de l'expertise est, dans une certaine mesure, pris en compte dans le modèle de Dreyfus et Dreyfus,

qui soulignent que les experts sont aussi capables d'utiliser des stratégies analytiques caractéristiques du niveau de la compétence. Cependant, ils ont moins l'occasion de les mettre en œuvre car leur expérience fait que la plupart des situations rencontrées ne constituent plus pour eux des situations « problématiques ».

Le modèle présenté dans la section suivante décrit le processus du développement de l'expertise médicale sous forme de strates de connaissances successives qui demeurent toujours disponibles pour l'activation en fonction des situations rencontrées.

### 1.3.2.2 *Un modèle spécifique du développement de l'expertise : Le développement de l'expertise médicale selon Schmidt et al.*

Le modèle du développement de l'expertise médicale proposé par Schmidt *et al.* (1990) décrit un processus de développement en quatre phases durant lesquelles les connaissances de l'expert sont réorganisées. Les novices (ici, des étudiants en médecine) acquièrent rapidement des connaissances déclaratives structurées sous forme de *réseaux causaux* très élaborés qui expliquent les causes et les conséquences des maladies en termes de processus pathophysiologiques sous-jacents.

Avec l'application pratique des connaissances acquises aux cas rencontrés, ces réseaux sont sujets à une *compilation en modèles causaux simplifiés* qui expliquent les symptômes sous forme résumée. Ainsi, un médecin débutant, lorsqu'il élabore pour la première un diagnostic particulier, a recours à un raisonnement nécessitant beaucoup d'effort mental puisqu'il est basé sur ce réseau causal extensif. Après avoir rencontré deux ou trois cas similaires, des raccourcis pragmatiques apparaissent et leur application répétée conduit à une réorganisation des connaissances sous forme accessible et fiable. Le réseau causal originel est alors compilé dans un modèle causal simplifié qui ne contient que des concepts génériques du réseau originel.

À l'étape suivante, l'utilisation de cette « connaissance-en-action » provoque une transition de la structure causale vers des *structures sérielles sous forme de listes*, sortes de « scripts de maladies ». Ces scripts se caractérisent par un ordonnancement sériel de leurs composantes qui correspond étroitement à la façon dont les médecins informent les autres médecins sur leurs patients; on peut dire qu'un script représente une sorte d'histoire narrative médicale.

Enfin, à la phase finale de ce cheminement vers l'expertise, le médecin devenu expert élabore son diagnostic en ayant recours à sa « *banque* » de *différents cas* mémorisés sous forme d'histoires individuelles. Son raisonnement est alors basé sur la similarité entre la situation présente et des cas similaires disponibles en mémoire. Ainsi, les processus cognitifs durant l'élaboration du diagnostic des médecins experts relèvent surtout de la reconnaissance directe des « *patterns* » mais ne s'y limitent pas, puisque les structures de connaissances élaborées durant les étapes précédentes demeurent disponibles lorsque les strates plus récentes échouent dans la production d'une représentation adéquate.

Pour conclure cette section, nous résumons ici brièvement les principaux résultats des recherches sur les connaissances des experts, leur développement et leur utilisation. Ainsi, on admet généralement que les experts construisent leur expertise de façon continue, en se basant sur l'expérience, mais surtout par la pratique « délibérée » effectuée avec le but conscient de « faire mieux ». Les connaissances expertes qui en résultent sont :

- spécifiques au domaine d'expertise,
- imbriquées aux stratégies cognitives,

- personnelles,
- structurées en schémas fonctionnels contenant des connaissances déclaratives, procédurales, et stratégiques,
- économiques et fonctionnellement déformées,
- sensibles au contexte et à la variabilité des cas,
- flexibles.

Les experts savent :

- *comment* utiliser leurs connaissances,
- reformuler et de redéfinir des problèmes,
- sélectionner des informations pertinentes à la situation;
- construire des interprétations multiples d'une même situation;
- prendre des décisions en considérant davantage les perspectives des autres;
- planifier efficacement leur activité;
- choisir un degré d'abstraction adéquat pour résoudre un problème;
- raisonner à partir des données de la situation;
- apparier rapidement un cas nouveau à un cas similaire rencontré dans le passé;
- gérer efficacement leurs ressources cognitives et environnementales;
- auto-réguler leur activité.

Les experts sont donc connaissant, efficaces et efficaces dans leur domaine d'intervention et c'est pourquoi ils représentent un atout précieux pour les organisations. Mais les experts sont appelés à quitter un jour ou l'autre ces organisations et c'est pourquoi plusieurs d'entre elles cherchent des moyens de favoriser le « transfert d'expertise » auprès des nouveaux employés. Dans les pages qui suivent, nous nous attardons donc à cette notion de transfert d'expertise.

#### **1.4 Le transfert d'expertise en contexte organisationnel**

Nous définissons d'abord le transfert d'expertise dans une perspective globale de gestion des connaissances au sein des organisations. Nous identifions ensuite diverses difficultés qu'il peut présenter pour les organisations.

##### **1.4.1 Définition du transfert d'expertise**

En contexte organisationnel, le transfert d'expertise fait partie de l'ensemble des stratégies de gestion des connaissances (*knowledge management* ou simplement *KM*) mises en oeuvre afin de mettre en valeur des connaissances individuelles et organisationnelles dans le but d'augmenter le capital intellectuel de l'organisation. Pour tenter de définir ce qu'est le transfert d'expertise, nous nous appuyons sur l'approche de Grundstein (2002), qui envisage la gestion des connaissances en termes de gestion de *l'interaction des activités et des processus destinés à amplifier l'utilisation et la création de connaissances individuelles et collectives dans l'entreprise*.

Dans l'approche de cet auteur, quatre grandes catégories d'activités et de processus de gestion des connaissances individuelles et collectives sont distinguées:

- 1) le *repérage* des connaissances cruciales, *i.e.* de celles qui constituent le coeur des activités de l'entreprise, à travers des processus d'identification, de localisation, de cartographie et d'estimation de ces connaissances;
- 2) la *préservation* des connaissances, *i.e.* l'acquisition, la modélisation, la formalisation et la conservation des connaissances explicites et tacites. Pour ces dernières, s'ajoutent des

processus d'explicitation, par exemple à travers des activités d'apprentissage de type compagnonnage ou mentorat et de communication informelle dans les réseaux ou communautés de pratique;

- 3) la *valorisation* des connaissances, *i.e.* la diffusion, le partage, l'exploitation, la combinaison et la création de connaissances nouvelles. Ces activités sont liées à l'innovation et à la mise en place de dispositifs organisationnels physiques ou virtuels favorisant les interactions entre les personnes;
- 4) l'*actualisation* des connaissances, *i.e.* l'évaluation, la mise à jour, la standardisation et l'enrichissement, au fur et à mesure des retours d'expériences, de la création de connaissances nouvelles et de l'apport de connaissances externes.

En s'inspirant de cette approche, nous proposons de définir l'activité de transfert de l'expertise par son but, ses processus et l'objet sur lequel portent ses processus.

- Le *but* de l'activité de transfert d'expertise est la préservation des connaissances expertes dans l'organisation. Ce but est devenu particulièrement important dans le contexte actuel caractérisé par deux sortes de déperdition de l'expertise. La première résulte de l'accroissement de la mobilité des travailleurs liée aux départs à la retraite des « baby-boomers » (Charlebois, 2002), mais aussi au taux de roulement plus élevé et à l'évolution professionnelle accélérée des travailleurs expérimentés. La seconde est liée à l'augmentation de la mobilité géographique des organisations, du fait de la division du travail, de l'éloignement, de la dispersion des équipes projets, les réorganisations ou encore des fusions qui constituent autant de causes de pertes de compétences collectives et individuelles (Balmisse, 2003).
- Le *processus* de transfert d'expertise consiste essentiellement à repérer les experts, à les aider à expliciter leurs connaissances et à pérenniser ces connaissances au profit de l'augmentation du capital intellectuel de l'entreprise. Différentes stratégies d'explicitation des connaissances par les experts peuvent être envisagées, dont celle de modélisation ou de co-modélisation des connaissances, qui est traitée plus spécifiquement dans ce rapport.
- L'*objet* du processus de transfert d'expertise consiste en connaissances expertes qui peuvent être soit explicites, c'est-à-dire des connaissances déclaratives accessibles à la conscience et facilement verbalisables, soit tacites, c'est-à-dire des connaissances procédurales et des connaissances stratégiques qui orientent le comportement mais qui ne sont pas facilement disponibles pour l'introspection (Sternberg, 1999). Au sein de l'organisation, les connaissances explicites constituent « les savoirs de l'entreprise », tandis que les connaissances tacites constituent ce que l'on peut appeler « les savoir-faire » de l'entreprise (Nonaka et Takeuchi, 1995).

On constate ici que la frontière entre les connaissances individuelles et organisationnelles est difficile à tracer puisque

[...] les connaissances collectives d'une entreprise, celles qui constituent une de ses ressources essentielles, sont le plus souvent transmises oralement et de manière implicite. En l'absence de ceux qui les ont formalisées, ces connaissances sont difficiles à repérer et à exploiter, dans d'autres situations et à d'autres fins que celles dans lesquelles elles ont été créées. Dans ce sens, les connaissances de l'entreprise restent fortement dépendantes des connaissances des personnes et de leur présence dans l'entreprise. [...]. [Cependant] dans la

mesure où ces connaissances individuelles ne sont pas formalisées et disséminées, elles conservent un caractère privé (Grundstein, 2002, p. 4).

### **1.4.2 Les difficultés liées au transfert d'expertise**

Hinds & Pfeffer (2003) font remarquer que le partage d'expertise à l'intérieur d'une organisation demeure un défi. Il ressort d'une enquête menée auprès de 431 organisations européennes et américaines que seulement 13 % des répondants pensent qu'ils font un bon travail de transfert des connaissances d'une partie de l'organisation vers une autre (Ruggles, 1998; Szulanski, 1996). De plus, ce transfert est aussi difficile à l'intérieur d'un département qu'entre les départements. Il ne s'agirait donc pas d'un effet uniquement organisationnel; des difficultés d'ordre cognitif et d'ordre motivationnel contribueraient également à cette situation.

#### **1.4.2.1 Les difficultés d'ordre cognitif**

Parmi les difficultés d'ordre cognitif, nous distinguons celles qui sont liées au caractère tacite des connaissances expertes et celles qui sont liées au partage des connaissances expertes.

##### **1.4.2.1.1 Difficultés liées au caractère tacite des connaissances expertes**

Comme on l'a vu dans la section précédente, les connaissances des experts relèvent en grande partie de connaissances tacites, pour deux raisons principales. La première est que les connaissances expertes sont intimement liées à l'action et sont fortement marquées par les circonstances de leur création. La deuxième caractéristique des connaissances tacites des experts est liée à leur caractère « encapsulé », dû à leur organisation en schémas laconiques et fonctionnellement déformés, mais aussi selon des principes abstraits dont la prise de conscience s'avère souvent difficile sinon impossible.

Ce caractère tacite des connaissances se traduit en difficultés de verbalisation par les experts du contenu de leurs connaissances et de la description du contexte de leur acquisition et qui pourtant est nécessaire à leur interprétation (Grundstein, 2002). De façon corollaire, leurs connaissances étant « situées », elles sont difficiles à extraire de la situation particulière et à être articulées de façon à ce qu'elles s'appliquent à différents contextes. Autrement dit, les experts peuvent être capables d'exprimer les étapes de leur performance dans leur propre environnement, mais qui peuvent être inappropriées dans un autre environnement ou contexte. Le transfert des connaissances est plus facile entre des situations similaires.

En outre, lorsque les experts sont amenés à expliquer leurs actions, ils peuvent dénaturer leurs connaissances du fait de la divergence entre le *faire* et le *dire* : ils expliquent un plan d'action qui ne reflète pas ce qu'ils font effectivement (Wilson & Schooler, 1991).

D'autres difficultés des connaissances tacites résident dans leur caractère situé et collectif. Ainsi, les connaissances individuelles tacites des experts se manifestent dans des habiletés et des « tours de main » individuels, mais elles sont souvent liées à des croyances et des comportements partagés collectivement (traditions, connivence, pensée unique). De plus, comme un expert travaille rarement seul, il alimente, confirme et renouvelle continuellement ses connaissances en communiquant avec les autres, en proposant ses solutions pour solutionner des problèmes, etc. De plus, la partie des connaissances des experts relevant de connaissances strictement individuelles est d'autant plus difficile à identifier que celles-ci résultent d'un apprentissage

collectif et sont produites par un ensemble de personnes rompues à travailler ensemble et à accomplir des tâches collectives et spécialisées (Grundstein, 2002).

Au plan de l'interaction entre les connaissances tacites et explicites, il est important de souligner qu'il est souvent difficile de départager les unes et les autres, du fait de leur profonde imbrication. Par exemple, savoir appliquer une certaine règle dans une certaine situation constitue une telle interaction, puisque, la plupart de temps, un expert saura décrire les règles qui guident son action (connaissance explicite), sans être capable de décrire quelles sont les caractéristiques de la situation qui déclenchent l'application de cette règle, et pourtant il sera capable de le faire au moment approprié (connaissance tacite). On remarque aussi que les connaissances tacites constituant le cœur de l'expertise et donc étant à la source des différences individuelles, les individus ont « intérêt » à ce qu'elles restent tacites. En effet, aussitôt que les connaissances tacites deviennent explicites et codifiées, elles ne constituent plus une source de différences individuelles et, par conséquent, ne présentent plus un avantage compétitif pour l'individu (Sternberg, 1999).

Au plan organisationnel, les connaissances tacites peuvent être difficiles à expliciter pour les raisons suivantes (Sternberg, 1999) :

- 1) leur conflit avec les codes déontologiques ou l'éthique du métier;
- 2) leur détournement possible à l'usage personnel;
- 3) leur caractère situé qui résiste à une formalisation qui puisse convenir aux règles généralement admises dans la profession;
- 4) leur confusion avec les connaissances techniques;
- 5) leur apparence de connaissances acquises par « chance » ou par « hasard » et qui fait que les organisations leur refusent le statut du sérieux.

#### 1.4.2.1.2 Difficultés liées au partage des connaissances expertes

Premièrement, la façon dont les experts stockent, traitent et utilisent les informations fait en sorte qu'il leur est difficile de partager leurs connaissances avec d'autres, et ce, peu importe qu'ils soient motivés ou non. Leur représentation de la tâche serait d'un niveau plus abstrait que chez les novices, qui se traduit par une simplification de la description de la tâche et l'omission de détails. Par exemple, Langer & Imber (1979) ont montré que les listes de composantes d'une tâche faites par des experts contiennent significativement moins de composantes que celles produites par des moins experts. Ces représentations abstraites suffisent aux experts à agir efficacement mais affectent leur capacité à partager leur expertise.

D'autres difficultés cognitives interfèrent avec l'incapacité des experts à accéder à leurs connaissances à un niveau concret et à exprimer leur expertise de façon compréhensible par des moins experts. Par exemple, (Hinds, 1999) a trouvé que les experts sous-estiment le temps requis pour l'exécution d'une tâche par un novice : ils ne se rappellent plus combien de temps la tâche leur prenait au début et ne sont pas capables de se représenter comment la tâche peut paraître à ce point complexe à un novice.

Peu de travaux ont été consacrés au partage de l'expertise, mais on sait cependant que les experts donnent des instructions à un niveau trop complexe pour les novices. Par exemple, dans une expérimentation dans laquelle divers experts en électronique enseignaient à des novices comment compléter un circuit électronique, il est ressorti que les explications des plus experts sont à un

niveau plus abstrait que celles des moins experts (Hinds, Patterson, & Pfeffer, 2001). Une deuxième expérimentation a montré que les novices performant mieux s'ils sont instruits par des moins experts. De façon similaire, dans une recherche récente (Finkel, Heath, Dent, 2001, dans Hinds & Pfeffer, 2003) dans laquelle on demande aux participants de fournir des instructions sur comment ordonner une série de formes abstraites, les participants avec plus d'expérience fournissent des instructions plus simplifiées à leur partenaire et utilisent un langage plus idiosyncratique. Ces études démontrent bien la difficulté des experts à recourir à des explications concrètes et détaillées même s'ils savent que leurs explications s'adressent à des novices. Le risque est que les experts deviennent plus distants par rapport à leur expertise s'ils sont forcés à focaliser sur des détails importants pour les novices.

Camerer, Loewenstein, & Weber (1989) appellent ce phénomène le biais de « *curse of knowledge* ». Cette expression souligne le fait que les gens sont incapables d'oublier ce qu'ils savent, même si cela pourrait améliorer leur performance à une tâche. Les experts essaient d'y remédier avec les heuristiques d'ancrage et d'ajustement basés sur leur estimation des comportements des autres. Mais ces ajustements sont souvent inadéquats parce que leur ancrage est basé sur leur récente performance et les experts ne se souviennent plus de leur propre performance en tant que novices. Les experts pensent qu'ils font un bon ajustement mais se trompent... et tout le monde est déçu.

Ces biais sont difficiles à éviter. Camerer *et al.* (1989) ont trouvé que le feedback n'améliore pas la performance des estimations de sujets informés sur les prédictions de sujets non informés. De façon similaire, Hinds (1999) a trouvé que les experts ne s'améliorent pas avec des méthodes traditionnelles de « *debiasing* ».

#### 1.4.2.2 *Les difficultés liées à la motivation*

L'une des principales difficultés liées à la motivation a trait à la compétition qui règne dans les organisations et que l'on peut résumer par le principe: « Faire mieux, c'est faire mieux que les autres ». La compétition entre unités ou équipes est un aspect inévitable de la vie d'une organisation. Son bénéfice est essentiellement au niveau identitaire : on surestime son groupe et on dévalue les autres. Les pratiques de management telles que celles qui mettent de l'avant un « esprit de corps » créent de la compétition entre les groupes et inhibent le partage d'expertise. En outre, puisque le savoir est le pouvoir, pour partager l'expertise, il faut accepter de partager le pouvoir.

La norme de réciprocité (donnant-donnant) qui existe dans les organisations place celui qui demande de l'aide (de l'expertise) dans une situation où il ne peut rien offrir en échange. De plus, quand la connaissance est considérée comme une propriété individuelle, les gens ne sont pas portés à rechercher les connaissances expertes chez les autres (Hollingshead, Fulk, & Monge, 2002).

L'élimination de l'accent mis sur la compétition à l'interne est donc un pas important vers le partage des connaissances. Davenport & Prusak (1998) notent que les compagnies qui réussissent le mieux le transfert des connaissances sont celles qui ont un système formel et informel d'attribution de marques de reconnaissance, de statut particulier et de récompenses matérielles pour ceux qui partagent leur expertise.

#### 1.4.2.3 *Autres difficultés*

Parmi les autres freins au partage d'expertise dans les organisations, on relève les suivants :



- Trop forcer les gens peut produire des effets contraires à ceux qui sont désirés. Il n'est pas recommandé pour une organisation d'insister trop sur le partage des connaissances et d'établir des processus formels et explicites pour le faire si les gens ne sont pas prêts à le faire.
- Les hiérarchies formelles qui suivent le modèle traditionnel du flux de l'information dans une organisation, comme c'est le cas chez les infirmières qui sont réticentes à communiquer leurs connaissances et leur diagnostic aux médecins (Edmonson, 2000, dans Hinds et Pfeffer, 2001), nuit au partage de l'expertise.
- Le manque de confiance et l'absence de sentiment de sécurité sont des facteurs susceptibles de freiner le partage d'expertise: il est important que les connaissances partagées ne soient pas utilisées contre ceux qui les divulguent.
- Dans les organisations où l'on insiste sur des données solides, l'expertise tacite de certains, fondée sur des opinions et des intuitions, peut conduire à une incertitude ou à un manque de clarté qui peut entraîner une dévaluation du statut de l'individu dans l'organisation.
- Le manque d'incitatifs constitue également un obstacle au partage de l'expertise. Ainsi, il faut du temps aussi bien pour l'interaction personnelle que pour mener à bien le processus de partage (documentation, etc.). Le manque de contact personnel entre travailleurs freine également le partage d'expertise. Il a été démontré que les contacts personnels améliorent le transfert des connaissances tacites (Hansen, 1999). De plus, le manque de reconnaissance et de récompense peut décourager le partage d'expertise.

Certains auteurs, tels Hinds & Pfeffer (2003), demeurent sceptiques quant à l'usage de systèmes de gestion de connaissances dans un but de partage de savoir. Selon eux, les systèmes qui capturent les informations sont utiles mais ne peuvent remplacer les échanges interpersonnels ni l'expertise humaine.

C'est cette dernière approche qui est explorée dans ce rapport. Toutefois, dans la perspective explorée, les échanges interpersonnels sont supportés par une technique de modélisation des connaissances permettant à l'expert de partager son savoir en l'explicitant sous forme de représentations verbo-graphiques produites à l'aide d'un outil informatisé. C'est cette technique que nous allons maintenant aborder.

## Partie 2 - La modélisation des connaissances

Cette partie vise d'abord à définir ce que l'on entend par « modélisation des connaissances » dans un contexte où le but visé est le transfert d'expertise et tente de distinguer cette technique par rapport à d'autres pratiques de représentation graphique des connaissances. Nous présentons, dans un deuxième temps, quelques outils informatisés pouvant servir à la modélisation des connaissances. Enfin, nous identifions différentes applications de la modélisation des connaissances.

### 2.1 L'activité de modélisation des connaissances

#### 2.1.1 Définition de l'activité de modélisation des connaissances

La modélisation des connaissances est une activité de *représentation* de connaissances relatives à un domaine de savoir. Elle vise à « identifier et structurer les connaissances en une représentation schématique pour les rendre visibles, manipulables, compréhensibles, communicables » (Paquette, 2002a, p. 2). La représentation schématique produite au cours d'un processus de modélisation de connaissances s'appelle un « modèle de connaissances ». Mais il existe d'autres manières de représenter des connaissances, à commencer par les langages pictoraux et écrits qui permettent de représenter des idées et des objets en utilisant des mots et des signes. Les diagrammes, cartes géographiques et schémas de toute sortes (Adam, 1999) constituent également d'autres moyens de représenter des ensembles de connaissances en utilisant un langage verbo-graphique.

En quoi le modèle de connaissances se distingue-t-il de ces autres types de représentations des connaissances ? Le terme « modélisation des connaissances » nous vient de la discipline de l'intelligence artificielle (IA) et a été surtout utilisé à ce jour dans cette discipline. Les chercheurs et praticiens de l'intelligence artificielle ont recours à des techniques de modélisation des connaissances dans le but de spécifier les connaissances à introduire dans un système informatique que l'on veut « intelligent ». Un tel système est capable de faire des inférences (donc de générer de nouvelles connaissances) à partir d'une base de connaissances intégrée dans le système. Comme on l'a déjà vu, pour en arriver à élaborer cette base de connaissances, les cognitivistes de l'IA (on les appelle aussi les ingénieurs de la connaissance) doivent d'abord utiliser des techniques pour « extraire » ou « capturer » les connaissances d'individus oeuvrant dans un domaine (généralement des experts, car on cherche à créer des « systèmes experts »), puis utiliser d'autres techniques pour formaliser ces connaissances de telle sorte à les rendre compréhensibles par la machine. Pour ce faire, ils doivent utiliser une technique de représentation qui a été appelée « modélisation des connaissances ».

Il existe une variété de techniques de modélisation des connaissances en IA, mais elles partagent une caractéristique commune : elles permettent de spécifier, dans un langage formel et structuré, un certain nombre de connaissances ainsi que de relations entre ces connaissances. Elles se distinguent les unes des autres par le modèle théorique de la structure organisatrice des connaissances sur lequel elles s'appuient. Par exemple, certains privilégient des structures organisées en *réseaux associatifs* (Quillian, 1969), d'autres en *réseaux sémantiques* (Collins & Loftus, 1975), d'autres encore en *réseaux propositionnels* ou en *systèmes de production*<sup>18</sup>

---

<sup>18</sup> Voir note 15.

(Anderson, 1983), etc., chacune de ces structures présentant leurs avantages et leurs limites en IA.

Depuis quelques années, des auteurs comme Paquette (2002a) ont suggéré que la modélisation de connaissances pouvait servir à d'autres fins qu'à la conception de systèmes informatiques intelligents. Comme on le verra plus loin, elle peut être utilisée, par exemple, par des concepteurs pédagogiques pour représenter la structure des connaissances visées dans un cours dans le but de clarifier le domaine de savoir à aborder et de mieux saisir les relations entre les différentes connaissances visées<sup>19</sup> (Paquette, 2002b), ou encore par des apprenants pour représenter leur modèle mental relatif à un ensemble de connaissances d'un domaine dans le but de favoriser et (ou) d'évaluer leurs apprentissages dans ce domaine. De telles activités de modélisation des connaissances n'exigent pas un langage aussi formel que celui utilisé en IA. Comme le souligne Paquette (2002a), il est par contre, nécessaire, pour ces personnes, d'utiliser un langage leur permettant d'avoir « une vue d'ensemble cohérente, souvent fort nuancée et détaillée, des principales connaissances et de leurs liens qui, ensemble, constituent un domaine de connaissances » (pp. 2-3). Cet auteur propose donc une technique de modélisation des connaissances adaptée à la conception pédagogique et à l'apprentissage. Cette technique se situe à mi-chemin entre les techniques formelles utilisées en IA et celles proposées depuis plus de vingt ans en éducation pour représenter des connaissances sous forme de « cartes conceptuelles » à l'instigation de chercheurs pionniers tels que Novak & Gowin (1984) et Fisher (1990). C'est de ce dernier type de langage de représentation que nous traitons dans ce rapport.

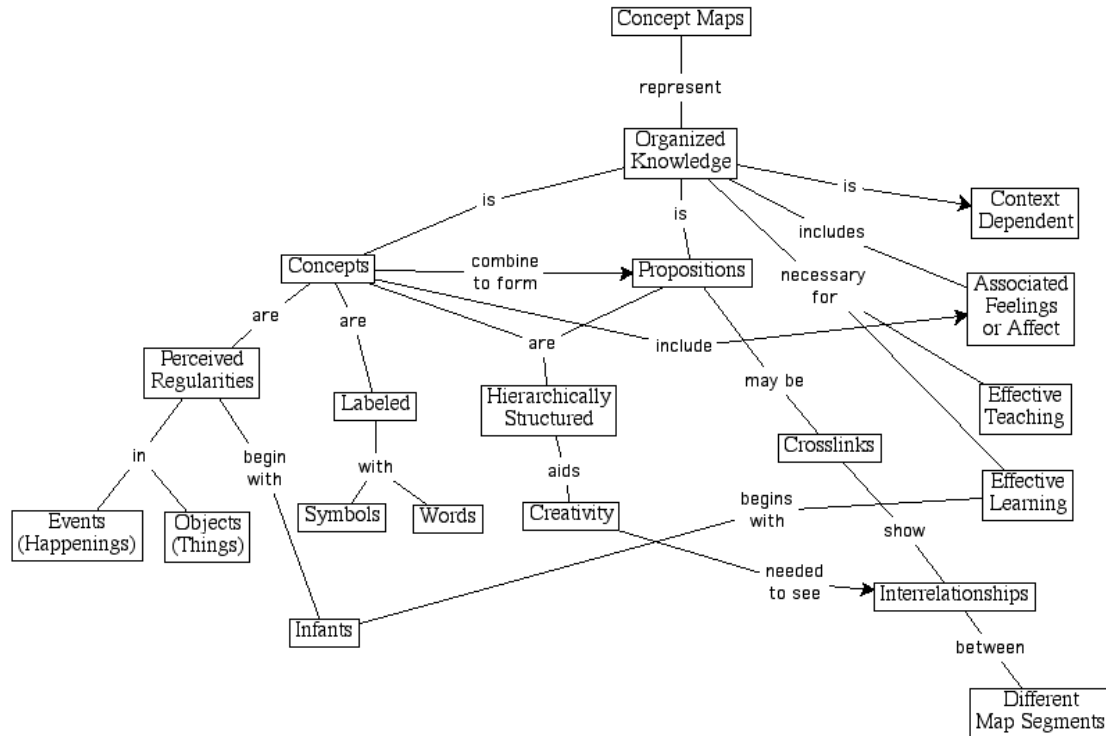
La technique proposée pour réaliser des cartes conceptuelles telle qu'elle est utilisée à des fins éducatives s'avère relativement simple. Il s'agit essentiellement d'identifier des concepts relatifs à un certain domaine de connaissances et de les représenter dans un espace bidimensionnel en utilisant des mots, souvent entourés d'une forme quelconque (rectangles ou cercles, le plus souvent). Il s'agit ensuite de relier ces concepts, en traçant des traits, qui peuvent être simples ou fléchés (pour indiquer une certaine direction dans les relations établies). Une étiquette est souvent posée sur ces liens, de manière à définir plus précisément leur nature. Par exemple, l'étiquette « *est composé de* » pourrait lier le concept « *voiture* » à celui de « *roues* ». Ce langage de représentation permet alors de constituer une sorte de *réseau* de concepts, de sorte que les concepts sont souvent désignés par le terme « nœuds » dans les écrits sur les cartes conceptuelles et les ensembles « concept-lien-concept » par le terme « propositions ». Ainsi, « *voiture - est composée de - roues* » constitue une proposition. Pour Novak (1998), la proposition est l'unité principale de signification :

The meaning we acquire for a given concept is formed from the composite of propositions we know that contain the concept. The richness of meaning we have for a concept increases exponentially with the number of valid propositions we learn that relate that concept to other concepts. (Novak, 1998, p. 40)

La figure 2 présente un exemple de carte conceptuelle, telle que définie par Novak et Gowin (1984).

---

<sup>19</sup> Le modèle de connaissances ainsi élaboré peut aider les concepteurs à clarifier le domaine de connaissances à couvrir. Il peut aussi être fourni aux apprenants à titre de matériel didactique prenant la forme d'une représentation globale des connaissances abordées dans le cours.



**Figure 2.** Un exemple de carte conceptuelle portant sur la carte conceptuelle ( Novak, http)

En quoi la carte conceptuelle, telle que définie par ces auteurs, se distingue-t-elle du modèle de connaissances, tel que défini par Paquette (2002a)? Deux caractéristiques nous semblent distinguer ces deux formats de représentation des connaissances. Une première différence tient au fait, comme on l'a déjà vu, que les modèles de connaissances s'appuient sur un langage de représentation plus structuré que celui utilisé dans les cartes conceptuelles, bien qu'il ne soit pas aussi structuré que celui utilisé en IA. Le langage utilisé dans les modèles de connaissances de Paquette distingue, au moyen d'un formalisme différencié (que l'on décrira plus loin) les *types* de connaissances et de liens effectués entre ces connaissances. Les cartes conceptuelles ne font pas une telle différenciation entre les types de connaissances et de liens. Les connaissances représentées sont assimilées à un seul type de connaissances (les *concepts*). Selon Paquette, la spécification des types de connaissances et de liens entre les connaissances ajoute en précision et en cohérence à la représentation des connaissances produite, ce qui en faciliterait l'interprétation et la communication.

La seconde différence tient à la structure d'ensemble plus ouverte du modèle de connaissances par rapport à celle caractérisant généralement la carte conceptuelle. Si l'on s'appuie sur la définition qu'en donnent Novak et Gowin (1984), les cartes conceptuelles présentent une structure strictement hiérarchique des concepts allant des plus généraux aux plus spécifiques et s'appuyant sur un principe d'inclusion de classes:

Because meaningful learning proceeds most easily when new concepts or concept meanings are subsumed under broader, more inclusive concepts, concept maps should be hierarchical; that is, the more general, more inclusive concepts should be at the top of the map, with progressively more specific, less inclusive concepts arranged below them (Novak et Gowin, 1984, pp. 16-17).

Dans un modèle de connaissances réalisé à l'aide de MOT, la structure hiérarchique n'est que l'une des structures possibles pouvant être utilisées pour représenter les connaissances. Il est aussi possible de représenter des réseaux, des arbres de décision, des diagrammes causaux, des ordinogrammes, etc., et même des modèles combinant différents modes de structuration. En fait, le choix de la structure à adopter se fait en fonction du but de l'exercice de représentation. Veut-on représenter des classes d'objets ? On optera alors pour une structure hiérarchique fort semblable à celle adoptée dans les cartes conceptuelles. Veut-on représenter l'ensemble des procédures utilisées pour exécuter un processus ? On optera alors pour une structure ressemblant davantage à un ordinogramme ou un arbre de décision. Dans son ouvrage, Paquette (2002a) présente ainsi plusieurs modèles de connaissances exemplifiant différentes structurations possibles (arbre sémantique, réseau sémantique, ordinogramme, diagramme causal, arbre de décision, arbre de déduction). La représentation élaborée avec MOT peut donc prendre différentes formes, alors que la carte conceptuelle, dans son sens strict, s'en tient à une représentation hiérarchique de connaissances.

Devant la prolifération de termes utilisés pour désigner des représentations graphiques plus ou moins assimilées à la carte conceptuelle<sup>20</sup>, Novak, le premier à avoir proposé ce terme au début des années 1980 dans le cadre d'un projet mené à l'Université Cornell (Novak *et al.*, 1981), a, il y a quelques années, demandé un droit de propriété (*US trademark*) sur le terme « carte conceptuelle » (Novak, 1998, p. iv).<sup>21</sup> Il n'en reste pas moins que la littérature portant sur les cartes conceptuelles a proliféré au cours des vingt dernières années et que le terme est largement utilisé en sciences de l'éducation. Une recherche dans ERIC en utilisant l'expression « CONCEPT MAP\* » comme mots-clés permet d'identifier 807 documents en rapport avec ce terme.

Aussi, bien que ce rapport traite spécifiquement de la modélisation des connaissances à des fins de transfert d'expertise ou, si l'on veut, d'apprentissage, nous rapporterons dans la suite de ce rapport un ensemble de résultats de recherches ayant porté sur l'usage de la carte conceptuelle (et autres représentations assimilées à la carte conceptuelle) en éducation. En effet, les chercheurs ont été très prolifiques en ce domaine depuis plus de vingt ans et les résultats de ces recherches nous semblent fort utiles pour comprendre les situations de modélisation de connaissances abordées dans ce rapport. Nous utiliserons le terme « carte de connaissances » dans un sens générique, désignant des représentations graphiques prenant autant la forme de modèles de connaissances que de cartes conceptuelles. Lorsque nécessaire, nous distinguerons les deux termes.

---

<sup>20</sup> Pour n'en nommer que quelques-uns : réseaux de connaissances (*knowledge networks*), réseaux sémantiques (*semantic networks*), cartes de connaissances (*knowledge map*), cartes cognitives (*cognitive maps*), graphes conceptuels (*conceptual graphs*), *mind map*, etc. Les auteurs sont loin de s'entendre lorsqu'il s'agit de définir chacun de ces termes. En outre, lorsqu'ils les distinguent, ils utilisent différents critères pour ce faire: le fait que les liens soient étiquetés ou non, le type de structure de la représentation, le degré de formalisation du langage, le domaine d'application, etc. Il règne donc une grande confusion dans le vocabulaire utilisé pour désigner les différentes représentations verbo-graphiques des connaissances.

<sup>21</sup> Cette requête a cependant été abandonnée.

### 2.1.2 Les typologies de connaissances et de liens

Dès les années 50, les chercheurs en sciences de l'éducation ont commencé à classifier les capacités humaines en diverses catégories. L'une des classifications les plus connues est celle de Bloom (1956/1969), qui répartit les capacités humaines en trois grandes catégories : le domaine cognitif, le domaine affectif et le domaine moteur. Puis, chaque domaine est subdivisé en sous-catégories; par exemple, le domaine cognitif est subdivisé en six catégories : acquisition de connaissance, compréhension, application, analyse, synthèse et évaluation. Pour sa part, Gagné (1972; 1976) identifie cinq grands domaines d'apprentissage : les informations verbales, les habiletés intellectuelles, les habiletés motrices, les attitudes et les stratégies cognitives. Là encore, l'auteur subdivise chaque domaine en sous-catégories; par exemple, les informations verbales incluent les catégories suivantes : idées, propositions et ensembles de propositions interreliées. Une autre distinction courante ayant émergé des travaux en psychologie cognitive identifie les connaissances *déclaratives*, les connaissances *procédurales* et les connaissances *stratégiques* (ou conditionnelles).

La typologie proposée dans MOT, inspirée notamment des travaux de Merrill (1983), inclut quatre types de connaissances : les *concepts*, les *procédures*, les *principes* et les *faits* (voir tableau 1) (Paquette, 2002a). Chaque catégorie de connaissances est représentée au moyen d'un symbole graphique différent (rectangle, ovale, hexagone ou rectangle aux coins coupés).<sup>22</sup> Cette pratique de différenciation des types de connaissances est courante dans les systèmes de représentation utilisés en IA, mais elle a été peu utilisée, à ce jour, dans les systèmes de représentation de connaissances utilisés en situation d'apprentissage. C'est ce qui ressort de notre recension des recherches menées en ce domaine.<sup>23</sup> De plus, peu de logiciels de construction de cartes conceptuelles offrent cette possibilité, comme on le verra plus loin.

L'usage de typologies de liens est plus courant que l'usage de typologies de connaissances dans les activités de construction de cartes conceptuelles à des fins éducatives rapportées dans la littérature scientifique. Dans le logiciel utilisé par les participants à l'étude de Chung, O'Neil, & Herl (1999) qui avaient à construire, en triade, une carte conceptuelle à distance, une typologie à 10 liens était proposée: *contribue à*, *cause*, *conduit à*, *est une partie de*, *est le résultat de*, *est similaire à*, *produit par*, *influence*, *type de* et *précède*. Dans une expérimentation subséquente rapportée dans le même article, les chercheurs ont réduit la typologie à 7 catégories de liens: *cause*, *influence*, *est une composante de*, *produit*, *requiert*, *est utilisé pour*, *utilise*. Chiu, Huang, & Chang (2000) ont proposé, pour leur part, une typologie de seulement 3 liens aux participants de leur étude qui avaient à réaliser une carte conceptuelle représentant l'unité centrale de traitement d'information d'un ordinateur: *contient*, *peut faire* et *contrôle*.

---

<sup>22</sup> Il est aussi possible dans MOT de ne pas « typer » les connaissances. Le formalisme proposé pour désigner les connaissances « non typées » est le rectangle aux coins arrondis.

<sup>23</sup> Gordon (1996) constitue une exception : il distingue les connaissances suivantes : *concept*, *état*, *événement*, *style*, *but*, *but/action*.

**Tableau 1.** Typologie de connaissances proposée par Paquette (2002a)

Catégorie	Description	Exemples	Formalisme graphique
Concept	Classe d'objets d'un domaine ( <i>le quoi</i> ) ayant des propriétés communes, chaque objet se distinguant des autres par les « valeurs » que prennent ses propriétés.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concept de triangle.</li> <li>• Concept d'animal vertébré.</li> <li>• Concept de véhicule moteur.</li> <li>• Concept de couleur.</li> </ul>	
Procédure	Ensemble d'opérations permettant d'agir sur des objets ( <i>le comment</i> ).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procédure de multiplication des nombres à deux chiffres.</li> <li>• Procédure de préparation d'un soufflé.</li> <li>• Procédure de recherche d'informations dans Internet.</li> </ul>	
Principe	Énoncé permettant de décrire les propriétés des objets, d'établir des liens de cause à effet entre des objets ( <i>le pourquoi</i> ), ou de déterminer dans quelles conditions appliquer une procédure ( <i>le quand</i> ); les principes prennent le plus souvent la forme « si telle condition, alors telle condition ou telle action ».	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si le soufflé est prêt, il faut le servir immédiatement.</li> <li>• Règles de sécurité routière.</li> <li>• Loi de la dilatation des métaux sous l'effet de la chaleur.</li> <li>• Principes de design pédagogique.</li> </ul>	
Fait	Instanciation des connaissances de type <i>concept</i> , <i>procédure</i> ou <i>principe</i> . <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lorsque le fait constitue une instanciation d'un concept, Paquette l'appelle un <i>exemple</i>.</li> <li>• Lorsqu'il s'agit d'une instanciation d'une procédure, il l'appelle une <i>trace</i>.</li> <li>• Dans le cas d'une instanciation d'un principe, il utilise le terme <i>énoncé</i>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fait de type <i>exemple</i> : La nappe qui se trouve sur ma table comme exemple d'une forme carrée.</li> <li>• Fait de type <i>trace</i> : Procédure spécifique de calcul de la racine carrée du nombre 144.</li> <li>• Fait de type <i>énoncé</i> : Si je chauffe mon bracelet en argent à plus de 200°F, alors il s'allonge.</li> </ul>	

Le logiciel *MOT* propose une typologie à 6 liens, soit des liens de *spécialisation*<sup>24</sup> (S), des liens de *composition* (C), des liens de *régulation* (R), des liens *intransit/produit* (I/P), des liens de *précédence* (P) et de liens d'*instanciation* (I), bien qu'il soit possible d'utiliser le « lien non typé » pour y apposer l'étiquette de son choix. Certains liens typés ne peuvent pas, selon une certaine logique, être faits entre certains types de connaissances. Par exemple, un lien de spécialisation (*est une sorte de*) ne peut être utilisé qu'entre deux objets de même type. Ainsi, dans *MOT*, une sorte de grammaire interne régit les types de liens qu'il est possible de faire entre les connaissances. De manière concrète, ceci signifie que le menu des liens s'adapte à ces contraintes syntaxiques, l'utilisateur ne pouvant choisir tel type de lien si les connaissances qu'ils cherchent à lier ne peuvent logiquement pas être liées selon la grammaire de *MOT* (pour plus de détails sur la grammaire des liens, voir Paquette, 2002a).

<sup>24</sup> Le lien de spécialisation est souvent appelé également lien d'*inclusion*.

**Tableau 2.** Typologie de connaissances proposée par Paquette (2002a)

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.	A est une sorte de B.	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.	A se compose de B.	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</i> , <i>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.	A régit B.	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.	A est un intrant ou un produit de B.	La « clé de l'automobile » est un intrant à la procédure « Démarrer 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.	A précède B.	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.	A est une instance de B.	L'automobile de Jean est une instance du concept « les automobiles Renault ».

Ainsi, le processus de construction d'une carte conceptuelle peut être contraint ou non par l'usage d'une représentation différenciant les types de connaissances et les types de liens. Il convient alors de se demander : Quel est l'intérêt de distinguer les types de connaissances et de liens lorsqu'il s'agit de représenter le « modèle mental » d'un individu? En quoi cet exercice peut-il favoriser l'apprentissage ?

Holley & Dansereau (1984) ont comparé les effets de la contrainte ou non de l'activité de construction de cartes conceptuelles sur la performance d'étudiants. Les résultats démontrent que les étudiants ayant des habiletés verbales faibles profitent davantage de l'approche contrainte, alors que ceux ayant des habiletés verbales plus élevées peuvent profiter de la stratégie moins structurée.

Reader & Hammond (1994a) ont également conduit une recherche visant à comparer l'approche contrainte et l'approche non contrainte auprès d'étudiants universitaires ayant à construire des cartes conceptuelles représentant le contenu et les arguments d'un texte portant sur les désordres



alimentaires. Dans l'approche contrainte, les étudiants étaient encouragés à utiliser un ensemble restreint de nœuds (*énoncé, preuve, critique, etc.*), de liens (*supporte, contredit, etc.*) et de triades nœud-lien-nœud (ex : *preuve-supporte-énoncé* est une triade permise, alors que la triade *preuve-contredit-preuve* ne l'est pas). Dans l'approche non contrainte, aucune restriction n'était imposée. Les sujets de l'approche contrainte ont produit des cartes jugées plus complètes, plus efficaces à communiquer les principaux points du texte et plus compatibles à l'objectif de l'activité.

La question du nombre « idéal » de liens à inclure dans une carte dans l'approche contrainte a aussi été explorée. Holley et Dansereau (1984) ont conclu, à la suite d'une série d'études, qu'un langage à 3 liens est insuffisant et qu'un langage à 13 liens est difficile à appliquer, alors qu'un langage à 6 liens est un bon compromis entre la généralité et la spécificité (Dansereau & Holley, 1982; Holley & Dansereau, 1984). Les six liens proposés dans cette recherche sont les suivants : *partie (de); type (de), conduit à, analogie, caractéristique, preuve.*

Le fait d'utiliser une approche contrainte favoriserait également la comparaison et l'analyse des cartes et/ou des modèles de connaissances produits (Gordon, 1996; Paquette, 2002a). Gordon (1996) résume les avantages de l'approche contrainte pour modéliser des connaissances :

- Elle permet de réduire les ambiguïtés.
- Elle est économique. Comme le souligne Moody (2000), c'est une sorte de notation sténographique
- Elle est transdisciplinaire : Un ensemble générique de relations et de connaissances peut s'appliquer dans plusieurs domaines.
- Elle favorise la comparaison et la communication.

Faletti & Fisher (1996) estiment toutefois qu'il faut distinguer les relations génériques et les relations spécifiques à un domaine. Les premières sont utilisées dans tous les domaines et seraient plus nombreuses que les relations spécifiques à un domaine. Après sept années d'observation d'étudiants en biologie ayant construit des cartes conceptuelles, ces auteurs affirment que trois des relations exprimées dans les cartes comptaient pour plus de 50 % de toutes les relations représentées, soit les liens *est composé de, est une sorte de et a pour caractéristique*. D'autres relations seraient spécifiques à domaine, ou du moins à un ensemble de domaines. Par exemple, on retrouvera, dans le domaine de la physiologie de la reproduction, des relations spécifiques telles que *synthétise, secrète, stimule, inhibe, etc.* Ainsi, Osmundson, Chung, Herl, & Klein (1999) ont inclus dans des menus de l'outil informatisé conçu pour leur recherche portant sur la construction de cartes conceptuelles en biologie humaine (systèmes respiratoire, circulatoire et digestif) 21 concepts et 14 liens prédéfinis, après consultation d'experts du domaine. Les liens incluent des liens génériques à tout domaine (ex . : *est une composante de*) et des liens spécifiques à ce domaine (*absorbe, digère, pompe, voyage à travers, etc.*). Il faut cependant noter que dans d'autres langages de représentation de connaissances, tel que celui utilisé dans MOT, ces relations sont plutôt vues comme un type particulier de connaissances, soit les *procédures*, alors que dans la carte conceptuelle, seules des connaissances conceptuelles sont représentées dans les nœuds de la carte. Ainsi, dans MOT, les relations dites spécifiques à un domaine seraient représentées dans des nœuds plutôt que dans des liens. Seuls les relations dites génériques sont représentées dans les modèles de connaissances, ce qui rend le système de représentation plus « économique » et respecte un principe de parcimonie. L'utilisateur peut, bien sûr, utiliser le « lien non typé » pour y définir un lien qu'il n'arrive pas à exprimer en utilisant la typologie de liens proposée et, de ce fait, considère spécifique à un domaine. Cependant, il appert que, souvent, ce lien est simplement un autre terme pour exprimer une catégorie de liens déjà

identifiée dans la typologie des liens génériques. Par exemple, le lien *a pour résultat* introduit en utilisant le « lien non typé » de MOT dans l'une des cartes élaborées par des étudiants universitaires ayant participé à l'étude de Basque, Pudelko et Legros (2003), correspond, de fait, au lien typé *Intrant/Produit*. Le fait de multiplier les appellations pour désigner les mêmes représentations pourrait témoigner de certaines difficultés de structuration des connaissances chez les sujets, en plus de rendre plus ardue la lecture des cartes par un autre individu. Il reste cependant à démontrer, de notre point de vue, que toutes les relations spécifiques à un domaine peuvent vraiment être représentées sous forme de nœuds dans MOT.

Il n'en demeure pas moins que le fait de modéliser des connaissances en utilisant des typologies de connaissances et de liens offre un potentiel structurant certainement bénéfique pour l'individu en l'obligeant à reconnaître les similarités et les différences présentes dans ses représentations, tout en offrant l'avantage de rendre le modèle plus facile à lire par les autres. Les typologies constituent ainsi une sorte de langage commun partagé par une communauté. Par contre, il faut admettre qu'en utilisant un tel langage, il y a risque de trop grande réduction de la complexité du domaine représenté, comme le soulignent Faletti et Fisher (1996) :

There are advantages in systematicity and ease of net generation associated with using a parsimonious number of relations, for example, but the price of parsimony is the reduction of potentially valuable distinctions. On the other hand, a tendency toward profligacy can overwhelm (p. 201).

### **2.1.3 Les avantages de la modélisation des connaissances**

En quoi l'activité de construction de cartes de connaissances serait-elle favorable à l'apprentissage chez le sujet qui élabore ces cartes? Nous pouvons résumer ses avantages en six points :

#### **2.1.3.1 Des apprentissages significatifs**

Du point de vue de la théorie de l'apprentissage significatif (*meaningful learning*) proposée par Ausubel (1968), la création de liens entre les connaissances est fondamentale dans le processus de construction des connaissances puisqu'une connaissance ne peut être comprise tant qu'elle n'est pas reliée de façon significative aux connaissances antérieures d'un individu. C'est d'ailleurs en s'appuyant sur cette théorie que les premiers usages de la carte conceptuelle en éducation ont été justifiés, dans les années 1980 (Novak et Gowin, 1984). Le fait pour l'individu de s'adonner à un exercice conscient de liaison entre des connaissances représentées sur support externe favoriserait donc un apprentissage plus significatif : « *The best way to help students learn meaningfully is to help them explicitly to see the nature and role of concepts and the relationship between concepts as they exists in their minds and as they exist "out there" in the world or in printed and spoken instruction* » (Novak et Gowin, 1984, p. 24). Obekula et Jegede (1988) soulignent que l'apprentissage significatif favorise l'« utilisabilité » (*usability*) d'un concept. Ceci signifie que les étudiants peuvent alors : (1) généraliser le concepts ou discriminer entre les instanciations et les non-instanciations du concept; (2) reconnaître d'autres concepts d'une taxonomie comme étant de plus haut niveau, de même niveau ou de plus bas niveau; (3) reconnaître des relations de cause à effet, de corrélation, de probabilité et des relations axiomatiques entre des concepts et (4) résoudre des problèmes impliquant les concepts.

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

Le fait de construire une carte de connaissances oblige à rendre explicites et plus précises des associations implicites et souvent confuses, un processus qui est au cœur de la construction de significations (Fisher, 2000a). La carte de connaissances fournit une vue d'ensemble cohérente et explicite de connaissances d'un domaine, ce qui est particulièrement important pour l'acquisition d'une expertise dans un domaine. Wallace & Mintzes (1990) ont montré que des étudiants qui construisent des cartes conceptuelles plus complexes génèrent davantage de propositions scientifiquement correctes que des étudiants qui construisent des cartes conceptuelles simples. Le fait de nommer les connaissances incluses dans la carte et de relier ces connaissances de manière explicite joue un rôle primordial dans le processus d'élaboration et de structuration des connaissances.

### 2.1.3.3 *Un traitement interne actif des connaissances*

L'activité consistant à faire construire des cartes de connaissances par des individus en situation d'apprentissage se justifie pleinement dans une perspective constructiviste de l'apprentissage, du fait qu'elle met l'accent sur le caractère actif et idiosyncratique du processus de construction des connaissances (Roth & Roychoudhury, 1992; Tsai, 2000). Cette activité incite l'apprenant à créer et à réviser constamment ses représentations internes (Anderson-Inman, Ditson, & Ditson, 1998). Dans les mots de Anderson-Inman & Zeitz (1993), l'activité de création de cartes conceptuelles constitue une « stratégie d'étude active pour des apprenants actifs ».

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

Pour McAleese (1998), si la carte de connaissances peut être considérée comme un amplificateur de la cognition, c'est parce qu'elle constitue une extension de la mémoire de travail et permet ainsi de réduire la charge de traitement cognitif. De même, Fisher (1990) considère qu'une représentation sous forme de réseau sémantique peut servir d'assistant ou d'extension de la mémoire de travail. Mais, pour Jonassen (Jonassen & Marra, 1994; Jonassen, 2000; Jonassen, 1998), l'activité de construction d'une carte de connaissances ne réduit pas la charge cognitive requise pour traiter l'information et ne rend pas l'apprentissage plus facile; au contraire, elle oblige les apprenants à s'engager dans des processus de traitement profond des connaissances traitées. Et c'est précisément ce qui fait de la carte de connaissances un outil d'amplification cognitive, selon ces auteurs.

### 2.1.3.5 *Un moyen de favoriser la pensée réflexive*

La carte de connaissances favorise la pensée réflexive puisqu'elle permet de « manipuler » les concepts (séparation, réunion, déplacement). C'est un excellent exercice pour apprendre à « manier les idées » (Novak et Gowin, 1984).

### 2.1.3.6 *Un outil d'autorégulation cognitive*

La construction de cartes de connaissances peut faire émerger chez l'individu ce que Piaget a appelé des *conflits cognitifs* pouvant mener au changement conceptuel. Les conflits cognitifs peuvent provenir de différentes sources (Tsai, 2000) : (1) des conflits entre les intuitions du sujet et les théories scientifiques, (2) des conflits entre les observations quotidiennes du sujet et les théories scientifiques, (3) des conflits entre le langage commun et le langage scientifique, (4) des conflits entre l'ontologie du sujet et l'ontologie scientifique et (5) des conflits entre plusieurs «versions» des connaissances construites successivement par le même sujet dans

différents contextes d'apprentissage. Placé devant de tels conflits, le sujet met en œuvre des processus d'autorégulation et d'autoconfrontation, conçus comme des processus intentionnels de résolution de tensions internes entre les représentations stockées et connues de l'apprenant et leur représentation externe (McAleese, 1998). Pour favoriser la résolution de conflits cognitifs, Tsai (2000) a proposé une méthode d'enseignement fondée sur l'élaboration, par l'enseignant, d'une carte conceptuelle dite « conflictuelle » (*conflict map*) qui met bien en évidence les différentes conceptions qui s'affrontent dans une situation d'apprentissage donnée.

La construction de cartes de connaissances est ainsi un moyen d'autoréguler son propre processus de construction des connaissances et par conséquent d'agir activement sur celui-ci. C'est pourquoi, pour Novak et Gowin (1984), l'activité de construction d'une carte conceptuelle permet d'« apprendre à apprendre ». Ho (1999) et Wandersee (2000) voient également la carte de connaissances comme un outil métacognitif.

#### **2.1.4 Les difficultés de la modélisation des connaissances**

De manière générale, les chercheurs reconnaissent la difficulté de se familiariser, au premier abord, à un nouveau mode de représentation des connaissances fondé sur une approche graphique. Chang, Sung, & Chen (2002) soulignent, en particulier, l'effort requis pour construire des cartes conceptuelles. Si l'exercice favorise un traitement profond de l'information, il peut aussi causer une « surcharge cognitive », estiment ces auteurs. Il faut dire que les représentations textuelles sont nettement favorisées en éducation. La formation à la production de représentations graphiques de connaissances est quasi absente à l'école.

Les analyses effectuées par Basque, Pudelko et Legros (2003) des modèles de connaissances élaborés au moyen du logiciel *MOT* par 18 étudiants universitaires à la suite de la lecture d'une série de textes témoignaient de la difficulté qu'ils ont éprouvée à faire l'exercice. Les étudiants « confondent les types de connaissance (par exemple, un processus est représenté par la forme réservée au concept), sont souvent inconsistants dans l'application de la typologie ou encore énoncent des phrases complètes dans un seul objet, révélant ainsi leur difficulté à décomposer les propositions, et donc leur contenu sémantique, en objets de connaissance et en relations. Les difficultés des étudiants sont encore plus marquées pour ce qui est des liens » (Basque, Pudelko et Legros, 2003, p. 415). Les liens de composition constituaient la moitié de tous les liens représentés dans l'ensemble des cartes. Il faut souligner qu'il s'agit d'étudiants à distance qui devaient se familiariser avec le langage de représentation et le fonctionnement de *MOT* dans un mode d'autoformation (des exercices leur étaient suggérés). Il n'en demeure pas moins que, dans un questionnaire post-test, les étudiants ont révélé avoir trouvé ce logiciel facile à apprendre, utile et simple et se disaient enthousiastes face à ce logiciel (Basque & Pudelko, 2003).

Plusieurs auteurs s'accordent pour dire que la difficulté la plus grande dans l'élaboration de modèles de connaissances ou de cartes conceptuelles dans des situations d'apprentissage serait l'étiquetage des liens entre les connaissances (Basque, Pudelko, & Legros, 2003; Jo, http; Novak & Gowin, 1984; Fisher, 1990; Roy et Roychoudhury, 1992; Canas, Valerio, Lalinde-Pulido, Carvalho, & Arguedas, 2003; Faletti & Fisher, 1996). Jo (http), par exemple, rapporte que les étudiants tendent à utiliser des termes très généraux pour nommer les liens, révélant un raisonnement plutôt superficiel. 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. En outre, l'école néglige les relations

entre les concepts et se concentre davantage sur l'apprentissage de concepts (Faletti & Fisher, 1996).

Faletti et Fisher (1996) ont identifié plusieurs difficultés éprouvées par des étudiants en biologie quand il s'agit de relier les connaissances représentées dans une carte conceptuelle réalisée avec le logiciel *SemNet*, un logiciel qui ne fournit pas une typologie prédéfinie de liens<sup>25</sup>. Les étudiants confondent un lien de composition et un lien de spécialisation. Ils ont de la difficulté, lorsqu'on leur demande, à inverser la relation entre deux éléments de la carte. Par exemple, une erreur courante est d'inverser le lien *a pour intrant (has input)* par le lien *a pour extrant, (has output)*, alors que la relation inversée est *est intrant à (is input to)*. Un autre problème est celui d'une prolifération indisciplinée de termes pour désigner les liens, comme on l'a déjà mentionné. Enfin, chez certains étudiants ayant des difficultés d'apprentissage ou des étudiants dont la langue maternelle n'est pas l'anglais, les auteurs ont remarqué qu'ils distinguent mal la direction d'un lien. Par exemple, ils vont utiliser le lien *est composé de* dans la mauvaise direction.

### **2.1.5 Les habiletés des experts à modéliser les connaissances de leur domaine**

À ce jour, peu de chercheurs ont étudié les habiletés des experts à représenter leur savoir à l'aide de représentations graphiques.

Murtonen et Merenluoto (2001, dans Murtonen & Merenluoto, 2002) ont comparé les cartes produites par deux étudiants universitaires en éducation plus avancés à celles produites par deux étudiants moins avancés dans le domaine des statistiques. Leur expertise dans ce domaine a été mesurée par deux questionnaires préalables et par une entrevue menée avec les étudiants et des chercheurs experts du domaine. Les participants (étudiants et experts) devaient, au cours de cette entrevue, expliquer ce qu'est la recherche scientifique et construire une carte conceptuelle sur ce thème. Les résultats montrent que :

- Les cartes des étudiants moins avancés étaient des « compositions fragiles de pièces fragmentées, sans aucun lien entre les idées ».
- Les étudiants plus avancés ont représenté des ensembles plus structurés de concepts, avec des liens entre les idées et ont fait des grappes d'idées. De plus, ils ont décrit la dynamique du processus de recherche dans leur carte.
- Les experts ont décrit le concept de recherche comme étant un processus dynamique entre la théorie, les questions de recherche et les données. Ils décrivent leurs idées de la recherche en combinaison avec un savoir informel appris par expérience. Par exemple, ils décrivent les surprises qu'il est possible de rencontrer en cours de recherche.

D'autres recherches ont montré que les novices privilégient une structuration simple de concepts, fondée sur la relation d'inclusion (lien « *is a* ») (Fisher, 1990). Markham, Mintzes, & Jones (1994) ont trouvé que, comparativement à des cartes réalisées par des novices dans un domaine, les cartes réalisées par des experts sont plus complexes, plus extensives et qu'elles contiennent plus de branches, plus de hiérarchies, plus de liens et plus de liens croisés (*cross-links*)<sup>26</sup>. En

---

<sup>25</sup> La seule distinction que permet de faire *SemNet* est entre des liens *symétriques* et des liens *asymétriques*. Les liens symétriques forment des propositions qui peuvent s'inverser. Ainsi, la proposition « *Marie-est la sœur de-France* » est une relation symétrique : si on l'inverse, elle demeure valide. Mais l'inversion de la proposition « *voiture – est composée de – roues* » ne conduit pas à une proposition valide (« *roues – est composée de – voiture* »). Un tel lien est dit asymétrique.

<sup>26</sup> Novak et Gowin (1984) ont proposé de nommer « liens croisés » les liens qui relient des concepts se trouvant dans des branches différentes d'une carte conceptuelle hiérarchique.

outre, les propositions sont mieux spécifiées. La classification opérée par les experts met en évidence leur usage de termes scientifiques et de critères « scientifiquement » pertinents, c'est-à-dire possédant un potentiel explicatif et classificatoire.

Par ailleurs, Bitner (1996) a mené une étude auprès de 58 enseignants du primaire et du secondaire en formation et en exercice ayant élaboré une carte conceptuelle représentant les connaissances les plus pertinentes à transmettre dans le domaine des sciences. Les résultats révèlent que les enseignants en exercice tendent à produire de meilleures cartes, telles qu'évaluées selon la méthode de Novak<sup>27</sup>. Ceci pourrait s'expliquer, selon Bitner, par le fait que les enseignants en exercice seraient probablement déjà plus familiers avec d'autres formes de représentation graphique des connaissances, telles que les représentations en réseau (*webbing*). Mais on pourrait aussi penser que le fait qu'ils détiennent une plus grande expertise dans le domaine serait une autre variable permettant d'expliquer ce résultat.

Oughton & Reed (2000) ont évalué les cartes conceptuelles produites par une vingtaine d'étudiants universitaires inscrits dans un cours sur l'hypermédia en éducation selon leur niveau de connaissances dans le domaine, mesuré à l'aide d'un questionnaire. Les résultats montrent que les étudiants ayant obtenu les scores les plus élevés à ce questionnaire ont utilisé un niveau de traitement plus profond pour construire leur carte.

Lors d'une étude exploratoire des représentations textuelles (résumés) et graphiques (modèle de connaissances) produites par des étudiants universitaires en technologie éducative sur le thème du système humain de traitement de l'information, nous avons également remarqué que les sujets ayant des connaissances antérieures dans le domaine tendaient à construire une meilleure représentation du fonctionnement du système, en termes du nombre total des caractéristiques du système représentées dans les cartes (Pudelko, Basque, & Legros, 2002). Certains des sujets de cette étude étaient aussi des experts en modélisation, une autre variable qui pourrait jouer sur la qualité des cartes produites.

## **2.2 Les outils informatisés de modélisation des connaissances**

Il est, bien sûr, possible de produire une carte de connaissances en utilisant des outils simples tels qu'un crayon, une efface et une feuille de papier. Les premières recherches ayant porté sur la construction de cartes de connaissances à des fins d'apprentissage se faisaient en utilisant de tels outils. Mais depuis le début des années 1990, avec l'apparition sur le marché d'outils graphiques généraux et d'outils dédiés spécifiquement à la création de cartes de connaissances, l'utilisation d'outils informatisés a été privilégiée dans les recherches et expérimentations rapportées dans la littérature scientifique portant sur les cartes de connaissances. Néanmoins, les outils traditionnels crayon-efface-papier ont continué à être utilisés au cours des années 90 et sont encore utilisés dans des recherches plus récentes (Martin, Mintzes, & Clavijo, 2000; Roth & Roychoudhury, 1992, 1994; Sizmur & Osborne, 1997; van Boxtel, van der Linden, & Kanselaar, 2000).

Mais les outils informatisés offrent des avantages évidents : facilité de création et de modification des cartes, possibilité de stockage, modes variées de visualisation du contenu de la carte, fonctions de recherche, qualité du graphisme, possibilité de création de sous-cartes, rattachement

---

<sup>27</sup> Voici la grille de notation proposée par Novak et Gowin (1984): un point par proposition valide; 1 point par niveau hiérarchique valide; 10 points pour chaque liens croisés valide et significatifs et 2 points pour chaque lien croisé valide mais ne constituant pas une synthèse d'ensembles de concepts ou propositions reliés; un point pour chaque instanciation de concept.

de textes, images ou clips vidéos aux objets et aux liens, etc. C'est sans compter les nouvelles possibilités qui sont explorées dans les recherches plus récentes : construction collaborative d'une carte à distance, fonctions d'évaluation des cartes, possibilité de conversion des cartes en d'autres modes de représentation, etc.

Nous nous intéressons ici aux outils informatisés spécifiquement dédiés à la construction de cartes de connaissances qui sont destinés à des usagers qui ne sont pas des spécialistes en intelligence artificielle. Il peut s'agir de gestionnaires, d'enseignants, d'étudiants, d'écrivains, etc. Ces outils, qui utilisent un langage verbo-graphique semi-formel, constituent pour eux un moyen de favoriser la prise de décision, la planification d'un projet, la compréhension d'un domaine, la production d'idées créatives, etc.

Nous avons repéré plus d'une vingtaine de logiciels dédiés à la construction de cartes de connaissances.<sup>28</sup> Nous avons pu examiner des versions d'évaluation de 18 d'entre eux afin d'en comparer leurs fonctionnalités. La liste de ces logiciels apparaît au tableau 3.

Il convient de faire deux remarques avant de présenter plus en détail certaines fonctionnalités de ces logiciels. D'abord, notons que les clientèles visées de ces logiciels sont variées. En lisant la documentation présentant ces outils, il apparaît clairement que certains ont été développés à l'origine plutôt pour le milieu éducatif (enseignants et/ou étudiants), alors que d'autres visaient plutôt le milieu de l'entreprise. Mais la plupart ont élargi leur clientèle par la suite et la documentation consultée présente les produits comme étant très polyvalents.

---

<sup>28</sup> L'un de ces logiciels, *Inspiration*, est plus polyvalent et pourrait être classé parmi les logiciels généraux d'édition graphique. Nous l'avons tout de même considéré dans notre analyse car il a été utilisé dans plusieurs recherches ayant porté sur l'activité de construction de cartes de connaissances dans des situations d'apprentissage.

**Tableau 3.** Quelques logiciels existants de construction de cartes de connaissances

Logiciel	Origine	Distributeur	Adresse URL	Clientèle
Axon Idea Processor	Axon Research	Axon Research (Singapour)	<a href="http://web.singnet.com.sg/~axon2000/index.htm">http://web.singnet.com.sg/~axon2000/index.htm</a>	Variée
Belvedere	Dan Suthers, Learning and Resource Development Center, U. of Pittsburgh	SourceForge.net	<a href="http://belvedere.sourceforge.net/">http://belvedere.sourceforge.net/</a>	Milieu éducatif
CMapTools program	Institute for Human and Machine Cognition, U. of West Florida	IHMC Concept Map Software (Floride)	<a href="http://cmap.ihmc.us/">http://cmap.ihmc.us/</a>	Milieu éducatif, clientèle variée
Concept Draw MIND MAP	(Inspiré de la technique de Mind Mapping de Tony Buzan)	Computer Systems Odessa (Ukraine)	<a href="http://www.conceptdraw.com">www.conceptdraw.com</a>	Variée
Decision Explorer	U. of Bath et U. Strathclyde	Banxia Software Ltd (Angleterre)	<a href="http://www.banxia.com">www.banxia.com</a>	Gestionnaires
Inspiration		Inspiration Software (Oregon)	<a href="http://www.inspiration.com">www.inspiration.com</a>	Milieu éducatif
LifeMap (Mac seulement)	Joseph Novak, Meaningful Learning Research Group, U. of West Florida	Meaningful Learning Research Group (Floride)	<a href="http://www2.ucsc.edu/mlrg/mlrgtools.html">http://www2.ucsc.edu/mlrg/mlrgtools.html</a>	Milieu éducatif
Mind Mapper	(Inspiré de la technique de Mind Mapping Tony Buzan)	SimTech Systems Inc. (Illinois)	<a href="http://www.mindmapper.com">www.mindmapper.com</a>	Variée
Mind Genius	(Inspiré de la technique de Mind Mapping de Tony Buzan)	Gael Ltd (Écosse)	<a href="http://www.mindgenius.com">www.mindgenius.com</a>	Variée
Mind Manager (MindMan)	(Inspiré de la technique de Mind Mapping de Tony Buzan)	Mind Jet	<a href="http://www.mindjet.com">www.mindjet.com</a>	Gestionnaires
Model-It	Center for Highly Interactive Computing in Education, U. of Michigan	GoKnow inc. (fondée par Elliot Soloway, U. of Michigan).	<a href="http://www.goknow.com">www.goknow.com</a>	Milieu éducatif
MOT	Gilbert Paquette (Centre de recherche LICEF, Télé-université, Montréal)	Technologies Cogigraph (Montréal)	<a href="http://www.cogigraph.com">www.cogigraph.com</a>	Variée
MOT Plus	Gilbert Paquette (Centre de recherche LICEF, Télé-université, Montréal)	Technologies Cogigraph (Montréal)	<a href="http://www.cogigraph.com">www.cogigraph.com</a>	Variée
PIViT	Développé par Joseph Krajcik, Phyllis Blumenfeld, Ronald Marx et Elliot Soloway dans le cadre du Project Integration Visualization Tool (1993-1996) :	Project-Based Science group, U. of Michigan	<a href="http://www.umich.edu/~pbsgroup/PIViT.html">http://www.umich.edu/~pbsgroup/PIViT.html</a>	Milieu éducatif (enseignants)
Seeing Reason	Adapté d'une application développée au CILT(Center for Innovative Learning Technologies, Californie)	Intel Education (Californie)	<a href="http://www.97.intel.com/education/index.asp">www.97.intel.com/education/index.asp</a>	Milieu éducatif
SemNet (Mac seulement)	SemNet Research Group (1983-1995) (San Diego): Joseph Faletti, Kathleen M. Fisher, Robert Thornton, Hugh Patterson, Joseph I. Lipson.	SemNet Research Group	<a href="http://trumpet.sdsu.edu/SemNet_About_SemNet.html">http://trumpet.sdsu.edu/SemNet_About_SemNet.html</a>	Milieu éducatif
Smart ideas		Smart Technologies Inc. (Alberta)	<a href="http://www.smarttech.com">www.smarttech.com</a>	Milieu éducatif
VisiMap		CoCo System Ltd (Angleterre)	<a href="http://www.coco.co.uk">www.coco.co.uk</a>	Variée



Deuxièmement, il faut souligner que certains de ces logiciels sont dédiés à la production d'un type particulier de cartes de connaissances. Par exemple, *Seeing Reason*, *Model-It* et *Decision Explorer* servent à produire des « cartes causales », représentant des relations de cause à effet : dans les deux premiers cas, ces cartes visent à favoriser chez des étudiants la compréhension des relations au sein de systèmes complexes et, dans l'autre, elles visent à favoriser la prise de décision chez des gestionnaires. Ainsi, dans *Seeing Reason*, les objets de connaissances représentés sont des choses ou des événements qui ont une influence dans le système qui fait l'objet de la représentation. Les relations expriment la direction de l'influence (par des traits fléchés), la nature de la relation (la couleur bleue est utilisée pour indiquer une influence positive et la couleur rouge une influence négative) ainsi que la force de la relation (un trait épais indique une forte relation, alors qu'un trait mince indique une faible relation). Dans *Decision Explorer*, l'utilisateur peut préciser la nature des liens qu'il fait entre différents éléments à considérer dans sa décision : ces liens peuvent être causaux, temporaires ou connotatifs. Par ailleurs, un autre logiciel, *Belvédère*, permet d'élaborer, en plus de cartes conceptuelles classiques, des « cartes argumentatives »<sup>29</sup>, qui permettent de spécifier les hypothèses d'un problème (distinguées selon qu'elles sont fondées sur des données ou des principes) puis de les relier entre elles selon qu'elles s'opposent (lien *Contre*), qu'elles sont consistantes entre elles (lien *Pour*) ou qu'elles ne sont pas reliées entre elles; il est aussi possible d'utiliser le lien *Et* pour relier deux hypothèses qui, ensemble, supportent une autre hypothèse. *PIViT* permet, pour sa part, de créer soit des cartes conceptuelles classiques, soit des cartes représentant le « devis » d'un projet en sciences (surtout du point de vue d'un enseignant dans ce dernier cas). Différents types d'objets sont représentés dans la « carte devis » : des questions, des concepts, des objectifs, des expérimentations, des activités ou des artefacts. On voit que le langage proposé dans ces logiciels est spécifié par le type de cartes qu'ils permettent de produire. Mais la plupart des autres logiciels identifiés permettent de faire des cartes de connaissances selon différentes perspectives, dépendamment du but visé par l'utilisateur.

Nous avons effectué une analyse comparative des fonctionnalités de ces différents logiciels. Nous nous limitons ici à faire quelques constats qui se dégagent de cette analyse :

1) Mode de représentation :

- a. Cinq logiciels proposent une représentation graphique hiérarchique, dont la représentation par défaut est l'étoile. Trois d'entre eux permettent de passer de cette représentation à une représentation prenant la forme d'un arbre, et ce, en permettant la sélection de l'orientation voulue pour les branches (descendante, ascendante, à droite ou à gauche).
- b. Les 13 autres logiciels permettent de représenter les informations sous forme de réseaux. C'est le cas des deux versions du logiciel MOT. Généralement, lorsque les logiciels permettent d'élaborer des réseaux, il est aussi possible de créer d'autres types de représentations, tels que des représentations structurées sous forme d'arbre. En fait, une représentation en arbre constitue, de notre point de vue, une sorte spécifique de représentations en réseau.
- c. Un logiciel (*Inspiration*) permet de représenter, en mode hiérarchique, la carte construite initialement selon un autre format (ex : réseau) (le logiciel construisant alors la représentation hiérarchique à partir du premier objet<sup>30</sup> créé dans la carte).

---

<sup>29</sup> Ces cartes sont appelées des *evidence maps* dans *Belvedere*.

<sup>30</sup> Nous utilisons le terme « objet » pour désigner les nœuds de la carte.

- d. Certains outils permettent de passer d'une représentation graphique à une représentation sous forme de liste des objets et des liens créés (9) ou encore sous forme de liste des propositions (objet-lien-objet) pouvant être générées à partir de la carte (*SemNet*, *CMap* et *LifeMap*). *Belvedere* offre, pour sa part, une vue des composantes de la carte sous forme de tableau. *MOT* ne permet pas ce type de passage d'une représentation à une autre.
  - e. Six logiciels permettent de modifier les étiquettes apposées sur les objets, et ce, autant à partir du graphique qu'à partir du texte (*Inspiration*, *CMap*, *Decision Explorer*, *Smart Ideas*, *Visimap*, *Belvedere*). Par contre, deux d'entre eux (*Decision Explorer* et *Belvedere*) ne permettent pas d'ajouter ou d'enlever des objets à partir de la liste. Enfin, deux autres logiciels (*Mind Mapper*, *Mind Genius*) n'offrent pas cette dernière fonctionnalité, mais permettent la modification des étiquettes des objets déjà présents dans la liste.
  - f. *Belvedere* permet, en mode tableau, d'apporter des modifications aux étiquettes des objets et d'en ajouter ou d'en retirer.
- 2) Création des objets et liens :
- a. La plupart des outils possèdent les fonctions d'édition classiques en mode graphique : effacer/détruire des objets et des liens, copier/coller des objets, glisser-déposer des objets (*drag-and-drop*), définir les attributs graphiques des objets et des liens (fontes, couleurs, etc.), modifier l'étiquette des objets, annuler/rétablir, etc.
- 3) Seules les deux versions du logiciel *MOT* permettent de copier un objet dans un sous-modèle (ou une sous-carte) « avec référence », de manière à permettre, par la suite, la propagation de toute modification apportée à cet objet à l'ensemble des sous-modèles qui contiennent cet objet.
- a. Treize outils permettent d'associer des éléments (documents texte, image, son, vidéo) aux objets. C'est le cas des deux versions de *MOT* : on peut associer des liens OLE à chaque objet de la carte.
  - b. Environ la moitié des logiciels incluent des bibliothèques de symboles iconiques qui peuvent être utilisés pour agrémenter l'étiquette des objets ou pour définir des types d'objets.
  - c. Cinq logiciels permettent la numérotation automatique des objets créés dans la carte. *MOT* ne permet pas ceci.
- 4) Typologies des objets et des liens :
- a. Cinq outils (dont *MOT* et *MOT Plus*) proposent une typologie des objets. Le nombre de ces objets varie de 2 objets à 6 objets. *Model-It* distingue des connaissances de type *objets* et des connaissances de type *variables*. Dans les cartes argumentatives créées avec *Belvedere*, on peut distinguer les *données*, les *hypothèses* ou les *objets non typés*. Dans les « cartes devis de projets » de *PIViT*, on distingue les *questions*, les *concepts*, les *objectifs*, les *expérimentations*, les *activités* et les *artefacts*. Nous remarquons donc que, hormis *MOT* et *MOT plus*, les logiciels qui font la distinction entre les types d'objets sont dédiés à la construction de cartes spécifiques.
  - b. Trois outils (*Inspiration*, *Decision Explorer* et *Smart Ideas*) permettent à l'utilisateur d'attribuer lui-même une forme graphique à un certain type d'objets (type créé par l'utilisateur). Par exemple, on peut décider d'attribuer la forme rectangle à toutes les procédures représentées.

- c. Trois logiciels (*Decision Explorer*, *Mind Genius* et *PIViT*) permettent d'associer des objets à des catégories déterminées par l'utilisateur et d'en générer la liste.
  - d. Trois logiciels (*Decision Explorer*, *SemNet* et *LifeMap*) permettent de lister des objets selon différentes propriétés prédéterminées des objets (par exemple, lister les objets de tête, lister les objets nouveaux, etc.).
  - e. Sept outils (*Decision Explorer*, *Seeing Reason*, *Model It*, *MOT*, *MOT Plus*, *SemNet*, *Belvedere*<sup>31</sup>) possèdent des liens typés (4 parmi ces 7 outils possèdent aussi des objets typés). Les liens typés dans *Decision Explorer*, *MOT*, *MOT Plus* (idem que *MOT*), *Seeing Reason* et *Belvedere* ont déjà été présentés. Le logiciel *SemNet* distingue entre des liens asymétriques et des liens symétriques et *Model-It* permet de distinguer des liens de cause à effet positifs ou négatifs et de préciser la force de l'effet.
  - f. Six logiciels ne permettent pas de poser une étiquette sur le lien : *Decision Explorer*, *Mind Genius*, *Mind Manager*, *ConceptDraw*, *VisiMap* et *Model-it*.
  - g. Six logiciels ne permettent pas d'indiquer une direction aux liens (*CMap*, *Mind Mapper*, *Mind Genius*, *Mind Manager*, *Visimap*, *Model It*).
  - h. *MOT* et *MOT Plus* imposent des contraintes « syntaxiques » quant au choix des liens qu'il est possible de faire entre des connaissances. Aucun autre logiciel ne fait ceci.
- 5) Visualisation :
- a. Sept logiciels permettent de filtrer les objets présents dans la carte selon leur niveau hiérarchique. Trois logiciels permettent de les filtrer en fonction des types d'objets. *Mind Genius* permet de filtrer les objets selon leur catégorie, le titre, les objets annotés, les ressources insérées et le niveau des objets dans la carte. *MOT* et *MOT Plus* sont les seuls à offrir un filtre en fonction des types de liens.
- 6) Sous-modèles et perspectives :
- a. Six outils permettent la création de sous-modèles (ou sous-cartes). C'est le cas de *MOT*.
  - b. *MOT Plus* permet la création de multiples variantes à partir d'une même carte. Par exemple, il est possible de créer des « strates » d'une même carte, à la manière de « transparents » que l'on ajouterait les uns par-dessus les autres.
- 7) Fonctions d'annotations :
- a. La plupart des outils (14) permettent d'ajouter des annotations (des commentaires) aux objets et (ou) aux liens. C'est le cas de *MOT* et de *MOT Plus* : ces commentaires sont visibles sur la carte. Dans d'autres cas, les commentaires sont dans une fenêtre à part et ce n'est qu'en cliquant sur les objets ou les liens concernés que l'on peut y accéder.
- 8) Fonctions de vérification/révision :
- a. Près de la moitié des outils permettent d'effectuer une vérification orthographique. *MOT* n'a pas cette fonction.
  - b. La fonction « Rechercher/Remplacer » est disponible dans 8 logiciels et la fonction « Rechercher » dans 2 de plus.

---

<sup>31</sup> Seule la partie du logiciel permettant de créer des cartes argumentatives est concernée ici.

c. Un seul logiciel (*Decision Explorer*) signale les objets non liés.

9) Fonctions d'analyse :

- a. Peu de logiciels (*Axon Idea Processor*, *MOT*, *SemNet*) génèrent des statistiques (par exemple, nombre d'objets et de liens, nombre d'objets et de liens selon leur type, fréquence d'utilisation des mots, temps total d'édition, nombre de révisions, etc.).
- b. Certains logiciels offrent des analyses plus sophistiquées. Par exemple, *Decision Explorer* détermine le « degré d'importance » d'un concept (par exemple, en calculant le nombre de sous-concepts qui y sont associés). *SemNet* peut afficher le chemin le plus court entre les concepts représentés, la relation la plus utilisée, etc. Huit logiciels, dont *MOT* et *MOT Plus*, permettent d'afficher le « voisinage » d'un objet à partir d'un niveau déterminé par l'utilisateur (ex : voisinage de 3 niveaux).
- c. Un seul logiciel (*CMap*) permet d'évaluer la carte en la comparant à une carte critère<sup>32</sup>.

10) Fonctions d'aide :

- a. La majorité des outils offrent une aide indexée.
- b. Deux logiciels incluent un tutoriel en ligne.
- c. Deux outils intègrent un conseiller de type compagnonnage virtuel. Par exemple, à partir d'une proposition représentée dans une carte construite avec *CMap*, le système affichera une question telle que la suivante : « OK. Il y a des plantes qui n'ont pas de feuilles. Pouvez-vous fournir un exemple ? » *Belvedere* inclut aussi un coach en ligne (*online coach*). Il envoie des messages tel que le suivant (traduction libre) :

Vous avez fait un bon travail de recherche de données qui soient consistantes avec votre hypothèse. Toutefois, en sciences, nous devons considérer les preuves qui vont à l'encontre de notre hypothèse tout autant que celles qui la confirment. Sinon, nous risquons de croire en de fausses hypothèses. Pouvez-vous penser à une preuve qui irait à l'encontre de votre hypothèse ?

[\[http://lilt.ics.hawaii.edu/belvedere/documentation/belhelp/index.html\]](http://lilt.ics.hawaii.edu/belvedere/documentation/belhelp/index.html)

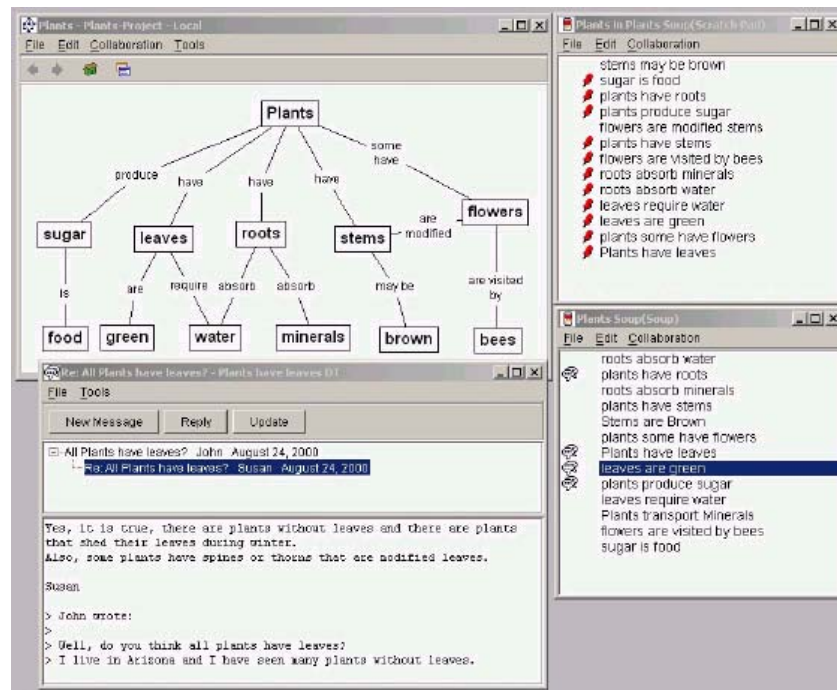
11) Fonctions de collaboration à distance :

- a. Seulement un outil (*Mind Manager*) permet le partage de l'application à distance et en synchrone. Ce partage concerne la totalité de l'application et non pas seulement des parties de cette application (ex. travailler simultanément dans des sous-cartes ou sous-modèles différents).
- b. Un outil (*CMap*) permet le partage de la carte en mode texte (*i.e.* la liste des propositions générées dans la carte) à distance et en asynchrone; cette fonction est appelée *Knowledge Soup* dans *CMap* (voir figure 3). Chaque usager peut choisir les propositions qu'il souhaite rendre publiques dans la *Knowledge Soup*. Les usagers peuvent ensuite démarrer un fil de discussion (*discussion thread*) sur l'une des propositions de la *Knowledge Soup*. Il est possible de créer un fil de discussion pour chaque proposition incluse dans la « soupe ».
- c. *MOT* n'intègre aucune fonction de collaboration à distance. Cependant, nous avons amorcé des expérimentations où *MOT* est utilisé à distance en conjonction avec un

---

<sup>32</sup> La carte critère est constituée par des experts. On l'appelle aussi parfois « carte experte » (*expert map*).

système de partage d'applications (*NetMeeting*) (Basque, Pudelko, Girard, & Rogozan, 2003).



**Figure 3.** Fonction de forum contextuel de discussion (Knowledge Soup) dans *CMap* (tiré de Canas *et al.* (2001))

Certains travaux sont en cours afin soit d'ajouter de nouvelles fonctionnalités à certains logiciels déjà présentés, soit de développer de nouveaux outils de construction de cartes de connaissances. Certains de ces outils sont développés à des fins de recherche et il n'est pas clair si des versions commercialisées de ces outils verront le jour. Essentiellement, les efforts visent à :

- à permettre la production collaborative de cartes à distance (Appelt, 2003; Canas, Hill, & Lott, 2003; Canas, Leake, & Wilson, 1999; Canas, Suri, Sanchez, Gallo, & Brenes, 2003; Chui *et al.*, 2000; Chung *et al.*, 1999; Kremer, 1996, 1997; Suthers, Girardeau, & Hundhausen, 2002);
- à offrir de nouvelles fonctions d'accès et de stockage des cartes via le Web (Alpert & Grueneberg, 2000; 2001; Appelt, 2003; Gaines & Shaw, 1995a, 1995b; Kremer, 1996, 1997; Tsai, 2000);
- à intégrer dans l'outil des cartes complètes prédéfinies et pouvant être modifiées par les usagers (ici, des étudiants) (Reindhard, Hesse, Hron, & Picard, 1997) ou encore des cartes incomplètes (*fill-in-maps*) que les usagers doivent compléter (Chang, Sung, & Chen, 2001; Chung *et al.*, 1999);
- à intégrer des fonctions d'évaluation des cartes en fournissant des scores d'évaluation fondés sur des comparaisons avec une carte critère (Chang *et al.*, 2001; Chung *et al.*, 1999), en fournissant une carte critère pour favoriser l'autoévaluation (Tsai, 2000) ou encore en

- produisant des rapports facilitant l'établissement d'un score par une autre personne (un enseignant par exemple) (Anderson-Inman *et al.*, 1999);
- à produire une trace des modifications apportées à la carte ou des échanges textuels produits au cours d'une construction collaborative de cartes (Chang *et al.*, 2001; Chung *et al.*, 1999)
  - à permettre l'enrichissement de la carte par des éléments multimédias (Alpert & Grueneberg, 2000; 2001; Gaines & Shaw, 1995a, 1995b).

### **2.3 Les applications de la modélisation des connaissances**

Nous présentons ici différentes applications de la modélisation des connaissances qui ont été faites à ce jour en milieu éducatif et en contexte de gestion dans les organisations.

#### **2.3.1 Les applications en éducation**

Les modèles de connaissances et les cartes conceptuelles ont été utilisés à différentes fins en éducation. Ainsi, ils ont servi d'outils de design pédagogique (Paquette, 2002b; Anderson-Inman & Ditson, 1999; Ferry, Hedberg, & Harper, 1997; Hughes & Hay, 2001; Moody, 2000; Platteaux, 1999), d'outils de support didactique offerts aux apprenants pour les aider à mieux se représenter les connaissances d'un domaine au début ou en cours de leçon (Anderson-Inman & Ditson, 1999; Moody, 2000; O'Donnell, Dansereau, & Hall, 2002), comme interfaces de navigation dans des hypertextes didactiques (de Jong & van der Hulst, 2002; McDonald & Stevenson, 1999; Platteaux, 1999), d'outils diagnostics ou d'évaluation des apprentissages (Jacobs-Lawson & Hershey, 2002; Stoddart, Abrams, Gasper, & Canaday, 2000) et d'outils d'apprentissage. Nous nous attardons plus spécifiquement à ce dernier usage. Nous entendons ici les situations où un individu est invité à construire une carte de connaissances dans le but de favoriser son processus de construction des connaissances dans le domaine visé.

Il ressort de la méta-analyse de 19 études réalisée par Horton *et al.* (1993) que l'usage de la carte conceptuelle comme outil d'apprentissage a des effets positifs sur la performance des élèves en sciences et sur leurs attitudes face aux sciences. Fisher (2000b) cite plusieurs études où l'utilisation de *SemNet* a permis à des étudiants en biologie d'apprendre davantage que les groupes contrôle. Pankratius (1990; dans Anderson-Inman & Ditson, 1999) a montré que les étudiants qui ont créé une série de cartes conceptuelles tout au long d'une unité d'apprentissage de trois semaines sur l'énergie ont obtenu de meilleurs scores à un post-test que les étudiants qui n'en ont créées qu'à la fin de l'unité ou qui n'en n'ont pas créées.

Certains chercheurs ont comparé des situations où les sujets devaient soit construire des cartes, soit simplement lire des cartes de connaissances fournies par l'expérimentateur. Les résultats sont généralement en faveur du groupe de sujets qui ont généré des cartes (Jo, 2001; Spiegel & Barufaldi, 1994).

D'autres chercheurs ont comparé la stratégie de génération de cartes de connaissances à d'autres stratégies d'enseignement ou d'apprentissage telles que l'exposé magistral, la simple lecture d'un texte, la prise de notes, la production de résumés, etc. Markow et Lonning (1998) ont étudié les effets d'une activité de construction de cartes conceptuelles dans un cours de chimie qui comportait trois séances de laboratoire. Tous les étudiants recevaient une liste de concepts une semaine avant chaque séance en laboratoire. Les étudiants âgés de 18-24 ans devaient, avant le laboratoire, effectuer l'une ou l'autre des stratégies suivantes : construire une liste d'objectifs en rapport avec les concepts à apprendre (groupe contrôle) ou construire une carte conceptuelle (groupe expérimental). Une semaine après la séance au laboratoire, les sujets du groupe contrôle

devaient écrire un essai, alors que ceux du groupe expérimental devaient restructurer la carte conceptuelle puis s'en servir comme base pour écrire un essai. Les résultats à un post-test de connaissances ne montrent pas de différence significative entre les deux groupes pour les deux premières séances, et une meilleure performance du groupe contrôle pour la troisième séance. Les auteurs se demandent si leur test de type « questionnaire à choix multiples » est approprié pour mesurer l'apprentissage réalisé puisque ce type de test demande au sujet de comprendre/expliciter un concept simple, alors que la construction d'une carte conceptuelle nécessite une compréhension des *relations* entre les concepts. Ils soulignent également l'importance de l'entraînement et de la motivation des sujets.

Odom et Kelly (2001) ont montré, pour leur part, que des étudiants du secondaire ayant utilisé une stratégie d'apprentissage jumelant la construction d'une carte conceptuelle à une autre stratégie, appelée *learning circle*,<sup>33</sup> ont obtenu de meilleurs résultats à un post-test de connaissances que ceux ayant reçu un enseignement de type exposé magistral ou que ceux ayant uniquement réalisé des cartes conceptuelles. Les auteurs concluent en soulignant les bénéfices potentiels d'une démarche structurée et réunissant les deux stratégies.

Tan (2000) a étudié les effets de la carte conceptuelle utilisée comme navigateur dans un environnement informatisé de type tutoriel portant sur des notions en chimie au secondaire et utilisée également comme outil d'apprentissage. Trois groupes de sujets ont été constitués. Dans un premier groupe, les sujets utilisaient un navigateur prenant la forme d'une carte conceptuelle dite « partielle » (*i.e.* avec des liens non étiquetés), puis construisaient une carte conceptuelle après chaque activité. Dans un deuxième groupe, les sujets naviguaient dans le logiciel par le biais de cartes conceptuelles dites « complètes » (*i.e.* avec des étiquettes sur les liens) et prenaient des notes pendant chaque activité. Dans le troisième groupe, les étudiants naviguaient dans le logiciel par le biais de menus et prenaient des notes durant chaque activité. Après l'usage du logiciel, tous les sujets ont répondu à un test de connaissances et réalisé une carte conceptuelle. Les sujets du premier groupe ont obtenu de meilleurs résultats au post-test de connaissances. En outre, ils ont produit de meilleures cartes conceptuelles que les sujets du troisième groupe, mais les cartes des groupes 1 et 2 ne se distinguaient pas entre elles de manière significative. Les auteurs concluent que la construction active de cartes conceptuelles favorise la construction des connaissances.

Gordon (2000) a évalué les effets de la construction d'une carte conceptuelle au cours de 5 séances de recherche d'informations dans des sources documentaires écrites (index de revues scientifiques) et électroniques. Les étudiants qui ont construit des cartes ont utilisé un répertoire de termes de recherche plus restreint, ont utilisé deux fois plus souvent des synonymes pour reformuler les termes de recherche (du général vers le spécifique) et ont été plus rapides à juger de la pertinence de l'information trouvée par rapport à des étudiants qui n'ont pas élaboré de cartes. Enfin, leurs recherches ont été plus approfondies et duraient moins longtemps.

---

<sup>33</sup> Essentiellement, un « cercle d'apprentissage » (*learning circle*) est une méthode d'apprentissage qui vise à amener les élèves à explorer et à clarifier la compréhension de concepts. Les élèves forment deux cercles concentriques, un à l'intérieur de l'autre, les élèves du cercle extérieur faisant face à ceux du cercle intérieur. Les élèves se faisant face partagent pendant une brève période le plus de choses possibles sur un concept. Une fois le temps écoulé, les élèves du cercle extérieur se déplacent dans le sens des aiguilles d'une montre. Les discussions entre les élèves se faisant face reprennent alors, et ce processus est recommencé plusieurs fois.

Le fait de construire une carte de connaissances améliorerait également les présentations orales (Kessler, Ditson, Anderson-Inman et Windham, 1996; dans Anderson-Inman, L. *et al.*, 1998) et la qualité des essais écrits (Sturm & Rankin-Erickson, 2002).

Enfin, notons que le fait de jumeler une stratégie de construction de connaissances à une activité de verbalisation explicite portant sur les idées représentées dans la carte améliore l'apprentissage. Lavoie (1997) a comparé deux groupes d'étudiants universitaires. Les étudiants du premier groupe ont construit une carte conceptuelle, alors que ceux du deuxième groupe ont, en plus de construire la carte, effectué une narration écrite sur leurs cartes en suivant un protocole où ils doivent poser des questions, analyser les relations et développer des hypothèses à partir de leur carte; par la suite, ils apportaient des modifications à leur carte. Ces derniers ont obtenu de meilleurs résultats à un post-test de connaissances. De plus, ils ont généré davantage d'idées que le groupe contrôle. Le fait d'élaborer sous forme textuelle le contenu de la carte constitue donc une stratégie particulièrement favorable à l'apprentissage.

En résumé, les recherches menées en éducation sur la construction de cartes de connaissances par des apprenants montrent que cette pratique a été utilisée auprès d'étudiants d'âge varié et dans divers domaines (surtout en sciences), et qu'elle conduit généralement à des résultats positifs pour l'apprentissage.

### 2.3.2 *Les applications en gestion*

Les applications de la carte de connaissances en contexte organisationnel sont variées. Dans leur grande majorité, elles ont pour origine les théories du psychologue George Kelly (1955; 1963) sur les construits personnels, ainsi que sa technique de grille-répertoire<sup>34</sup> (*repertory grid*) mises au point en vue d'une utilisation en psychothérapie et en diverses situations de résolution de problème. La construction de la carte de connaissances, appelée ici la « cartographie cognitive », s'est développée en prolongement de la grille-répertoire, en suivant deux voies principales. Dans la première, le travail d'élaboration de la carte, effectué par un tiers, avait pour objectif de refléter les idées avancées par un individu en respectant la façon dont elles avaient été véhiculées. Le succès de la carte cognitive ainsi élaborée à fournir un cadrage de ce qui rendait une situation problématique était attribué ici à son pouvoir « réfléchissant » de la représentation idiosyncratique du vécu de la personne (Eden & Banville, 1994).

Dans la deuxième voie, la construction de la carte s'effectuait dans le but d'aider à *construire* une problématique dans un contexte de consultation en recherche opérationnelle. Ici, l'analyse des cartes était orientée vers la détermination de résultats, de fins et de moyens exprimant l'ensemble des actions utiles à entreprendre pour atteindre les objectifs fixés et émergents de la situation :

Il s'agissait donc ici de préserver les « construits personnels » du décideur, tout en acceptant de s'éloigner du langage qu'il employait, afin de s'assurer que les cartes soient tournées vers l'action, c'est-à-dire qu'elles suggèrent clairement un ensemble d'avenues s'offrant au décideur. [...] L'un des principaux attraits de l'élaboration de cartes possédant une telle structure hiérarchique était la possibilité d'en faire l'agrégation, c'est-à-dire de fusionner les cartes cognitives de plusieurs personnes. Cette dernière pouvait alors servir de base au partage des idées sur le problème en relation avec d'autres, une telle synergie ayant pour effet de stimuler la créativité des individus. Dans le cadre de projets de

---

<sup>34</sup> La grille-répertoire est une épreuve mise au point par G. Kelly et dérivée de sa théorie de personnalité. Elle sert à repérer des *construits personnels*, *i.e.* des concepts qu'une personne utilise pour percevoir des objets, des personnes ou des événements.



recherche opérationnelle, l'utilisation des cartes cognitives et de cartes fusionnées constituait un mode de gestion efficace pour les premières étapes d'un projet, particulièrement en ce qui a trait à la gestion de la signification de l'action. » (Eden & Banville, 1994).

Cette deuxième voie a conduit à l'élaboration de la technique de la cartographie cognitive à l'intérieur de la méthode SODA (*Strategic Options Development and Analysis*), une méthode d'élaboration et d'analyse d'options stratégiques proposée par Eden et ses collègues (Grande-Bretagne), qui a été d'abord utilisée auprès de groupes de travail engagés dans la résolution de problèmes stratégiques complexes. Plus récemment, elle a été employée dans un contexte d'élaboration d'une stratégie organisationnelle et a influencé d'autres applications que nous décrivons ci-dessous.

Pour ce faire, nous décrivons les différentes façons d'utiliser des cartes de connaissances en les distinguant tout d'abord en fonction du but explicite qui guide la construction des cartes, but qui reflète ces deux orientations initiales dans l'évolution de la modélisation des connaissances à l'aide des cartes de connaissances. Ainsi, nous classerons les usages de la carte de connaissances en gestion en deux grandes catégories : la première englobe toutes les applications de la carte construite pour *agir* et la deuxième, les applications de la carte construite pour *comprendre*. En effet, ces deux catégories se distinguent par les buts attribués à la construction des représentations externes des connaissances sous forme de cartes. Le but des « cartes pour comprendre » est la *connaissance* du réel (la représentation d'un état de choses pouvant être située sur un continuum allant de la connaissance « subjective » vers la connaissance « objective »), alors que le but des « cartes pour agir » est l'*action* sur le réel (la transformation d'un état de choses pouvant être située sur un continuum allant de la préservation d'un état de choses vers sa transformation complète et créative).

Cette distinction permet de voir les conséquences du but de l'activité de construction de la carte à la fois sur la méthode de construction et sur son produit (la carte). Dans le cas des cartes pour comprendre, il est important d'obtenir une description la plus précise possible des connaissances de la personne. La carte devient ici un but en soi. Dans le cas des cartes pour agir, des imprécisions ou des déformations sont acceptables si elles favorisent l'atteinte du but de l'action, et, par conséquent, on n'apportera pas au contenu de la carte le même souci du détail et d'exhaustivité que pour une carte construite dans un but de compréhension. Dans ce cas, l'accent est mis sur la carte comme moyen.

Bien évidemment, les catégories que nous proposons ici ne sont ni étanches ni exclusives, car les deux objectifs, comprendre et agir, sont inextricablement liés, la compréhension améliorant l'action et l'action modifiant la compréhension. L'objectif de cette catégorisation est d'aider à saisir la diversité des buts de la construction des cartes de connaissances en gestion et l'influence que ceux-ci exercent sur les méthodes de construction développées.

Une autre distinction importante que l'on peut faire concerne le caractère individuel ou collectif des cartes de connaissances. La raison principale de la construction de cartes collectives est l'aide à la communication des idées, par la négociation de significations relatives aux objets et aux actions. Les relations entre les cartes individuelles et les cartes collectives peuvent prendre trois formes, dénombrées par Weick et Bougon (1986, dans Cossette, 1994b) :

- la carte *assemblée* où différentes cartes cognitives représentant, par exemple, des visions particulières des membres des différents services dans une même entreprise, sont réunies en une seule carte;

- la carte *composite*, construite durant un processus de négociation permettant aux individus de s'entendre sur une façon commune de voir la situation;
- la carte *moyenne*, où les concepts et les liens devant en faire partie sont déterminés statistiquement, à la suite de questions systématiques posées aux individus visés.

La communication des idées fait aussi partie de la carte individuelle puisque celle-ci peut constituer l'outil d'aide à la communication avec soi-même.

Une autre distinction qui peut être faite concerne l'auteur de la carte de connaissances. En effet, celle-ci peut être construite personnellement par l'individu visé mais aussi, comme c'est souvent le cas, par le chercheur ou le consultant. Cependant, cette distinction n'est pas plus tranchée, puisque souvent, les cartes individuelles construites par le chercheur seront soumises à la vérification et à la négociation soit à la même personne, soit à un groupe de personnes visées.

Enfin, il faut souligner qu'en contexte organisationnel, la modélisation des connaissances est rarement effectuée seule. Dans la grande majorité des cas, celle-ci fait partie d'une méthode bien élaborée (par exemple, SODA) ou encore elle est reliée à des méthodes complémentaires d'explicitation et d'élucidation des connaissances : questionnaires, entrevues, validations statistiques, mesures de proximité sémantique, etc.

Nous décrirons ci-dessous les différentes applications de la modélisation des connaissances en gestion classées en fonction du but (agir ou comprendre), en prenant en compte, à l'intérieur de ces deux grandes familles d'usages, les trois critères distinctifs mentionnés, à savoir : le caractère individuel ou collectif du processus d'élaboration, l'auteur de la carte et l'inscription dans ou le jumelage avec d'autres méthodes d'élucidation des connaissances.

### 2.3.2.1 Les « cartes pour agir »

L'objectif commun des cartes pour agir est d'améliorer l'action organisationnelle (Cossette, 1994b). Dans cette approche, les cartes sont généralement des cartes collectives, dont la caractéristique fondamentale est de faire ressortir une vision supposément commune à un ensemble d'individus. La représentation graphique est alors une technique utilisée pour favoriser autant l'expression et la négociation d'idées entre différents individus que l'analyse, jugée difficilement réalisable autrement. La carte cognitive devient alors un outil de gestion à la fois du processus et du contenu des négociations menées par des acteurs.

Voyons différents exemples d'aide à l'amélioration de l'action organisationnelle, soit l'aide à la décision, à l'expression de la créativité, à l'analyse des besoins d'information, à l'amélioration de la communication et à la gestion de projet

#### 2.3.2.1.1 Aide à la décision

Dans un contexte d'aide à la décision, la plupart des applications rapportées dans la littérature (Ackermann & Eden, 2001a, 2001b; Ackermann, Eden, & Cropper, 2003; Shaw, Ackermann, & Eden, 2003; Shaw, 2002; Eden & Ackermann, 1998) sont fondées sur la méthodologie SODA (*Strategic Option Development and Analysis*) élaborée par l'équipe d'Eden (Eden, Jones et Sims, 1979; Eden, 1988). Pour décrire cette méthode et les cartes qui en découlent, nous nous appuyerons essentiellement sur Eden & Banville (1994). La méthode SODA est un instrument de négociation permettant d'arriver à la meilleure solution possible aux yeux des gestionnaires, tout

en étant à l'écoute de plusieurs personnes à la fois, et en situant l'opinion d'un individu dans le contexte des idées formulées par les autres. Aussi, cette méthode permet de :

- reconnaître que ce sont les individus qui changent les organisations,
- explorer le contenu des problèmes,
- créer un contexte favorable à la prise de décision,
- structurer les aspects multiples et conflictuels de l'argumentation,
- faciliter la dynamique de discussion,
- éviter les pièges de la « pensée de groupe » et de la « vision limitée »,
- favoriser l'atteinte d'un consensus sur un système de buts,
- suggérer des actions concrètes à entreprendre pour résoudre des problèmes.

La mise au point de cartes individuelles constitue ici une étape en vue de la fabrication d'une carte collective. Les cartes individuelles (appelées ici *cartes cognitives*) sont construites par des consultants qui rencontrent les décideurs un à un et leur font exprimer la conception particulière qu'ils ont du problème auquel ils font face. Les consultants tracent ensuite des cartes individuelles traduisant cette conception en un réseau d'explications et de conséquences. Les cartes individuelles sont fusionnées en une carte de groupe qui constitue alors la carte dite *stratégique*. Celle-ci ne représente les idées de personne en particulier, mais devient un outil d'aide à la négociation d'une décision de groupe, à l'expression de la créativité et au développement de la synergie. Lorsque la carte stratégique est construite à partir des idées véhiculées dans plusieurs situations, elle peut être de grande dimension et contenir de 600 à 1 000 concepts reliés.

Plus précisément, une carte cognitive construite à l'aide de la méthode SODA est une représentation de la structuration d'un problème prenant la forme d'un réseau hiérarchisé d'idées reliées par des liens de causalité. Une idée est une expression ou une phrase simple de huit à douze mots maximum commençant de préférence par un verbe; par exemple « satisfaire le client ». Les idées sont reliées entre elles pour former une hiérarchie de moyens et d'objectifs. Les liens de causalité sont représentés par des arcs unidirectionnels. Si les idées A et B sont reliées entre elles par le lien A-B, cela signifie que l'idée A est l'explication (ou le moyen) et l'idée B, la conséquence (ou la fin). Ainsi, les explications se trouvent en bas de la carte et les conséquences en haut (Eden & Banville, 1994).

Il est important de souligner ici que le sens attribué à un concept par le groupe est inscrit non seulement dans son libellé, mais également dans les relations qu'il a avec d'autres concepts: sa signification se déduit des actions à entreprendre pour qu'il se manifeste (*i.e.* des concepts qui l'expliquent) et des raisons invoquées (*i.e.* des concepts qui en sont des conséquences).

L'analyse de la carte stratégique est effectuée souvent à l'aide du logiciel *Decision Explorer*. L'analyse de la carte stratégique permet de déterminer les éléments suivants :

- des buts d'action et leur interaction;
- des non-buts, *i.e.* des têtes du modèle qui n'ont aucune conséquence dans le modèle ou qui expriment des résultats non souhaités;
- des options stratégiques;
- des actions possibles pour soutenir les options stratégiques.

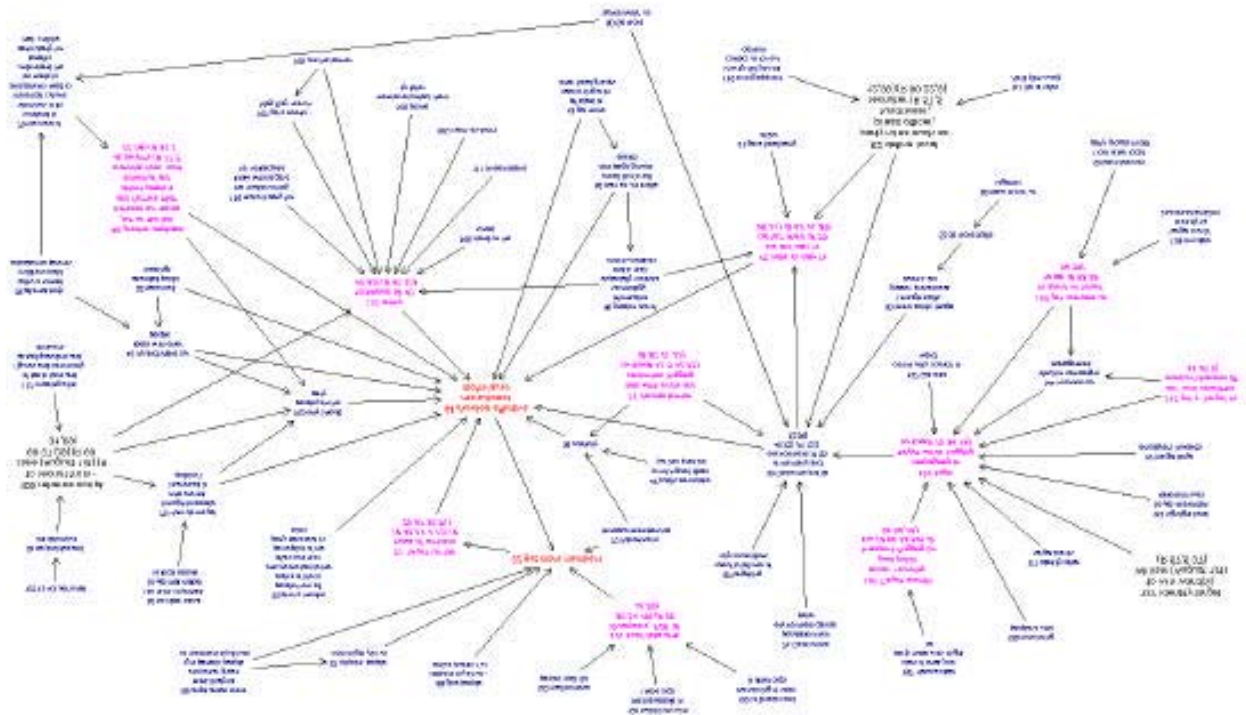
Dans le domaine de la prise de décision stratégique, le logiciel *Decision Explorer* a été utilisé aussi en dehors de la méthode SODA. Par exemple, un des cas relatés sur le site de Banxia Software est celui du Essex County Council, où la construction des cartes par le consultant à

l'aide de *Decision Explorer* a été effectuée au cours d'entretiens individuels et de *workshops*. Le but général était d'identifier et d'analyser les changements nécessaires de stratégies de partage et de circulation des informations entre les départements de l'institution, à la suite de l'introduction de la sous-traitance. L'intervention du consultant a permis d'obtenir une compréhension largement partagée des besoins et de la direction du changement à apporter.

#### 2.3.2.1.2 Aide à l'expression de la créativité

Dans le contexte d'aide à l'expression de la créativité des employés, les cartes sont utilisées souvent en conjonction avec d'autres techniques d'expression libre des idées, individuelles ou collectives. Dans le domaine de la métallurgie, Lecoivre & Verstraete (1998) rapportent un exemple réussi d'utilisation d'une méthode mixte au sein d'une PME en difficulté à cause de ses problèmes de positionnement sur le marché international. L'intervention consistait en (1) séances individuelles de génération par les employés de concepts en réponse à une question, (2) construction, par les consultants et selon la méthode d'Eden *et al.*, de cartes cognitives représentant les concepts générés et, (3) séance de groupe comportant une explication collective puis un vote des participants sur l'importance des concepts élaborés. Ces « séances de créativité » ont constitué un outil efficace pour dégager les difficultés de l'entreprise sur le plan de la croissance à l'international, pour rompre le statut quo et a permis de déboucher sur une prise de conscience sur la nécessité d'utiliser la créativité des salariés en matière de réflexion stratégique.

Pour résoudre des questions portant sur le recrutement de personnel, Shaw (2003) a utilisé une méthode de remue-méninges couplée avec la méthode des cartes cognitives d'Eden *et al.* La séance de groupe s'effectue comme suit : les participants formulent leurs idées sur la manière de résoudre le problème auquel ils font face, en utilisant des ordinateurs individuels équipés d'un logiciel « *groupware* » et de construction de cartes (*Group Explorer* et *Decision Explorer*, tous deux commercialisés par Banxia Software). Ces contributions apparaissent sur un écran géant commun sous forme de carte cognitive commune (voir la figure 4).



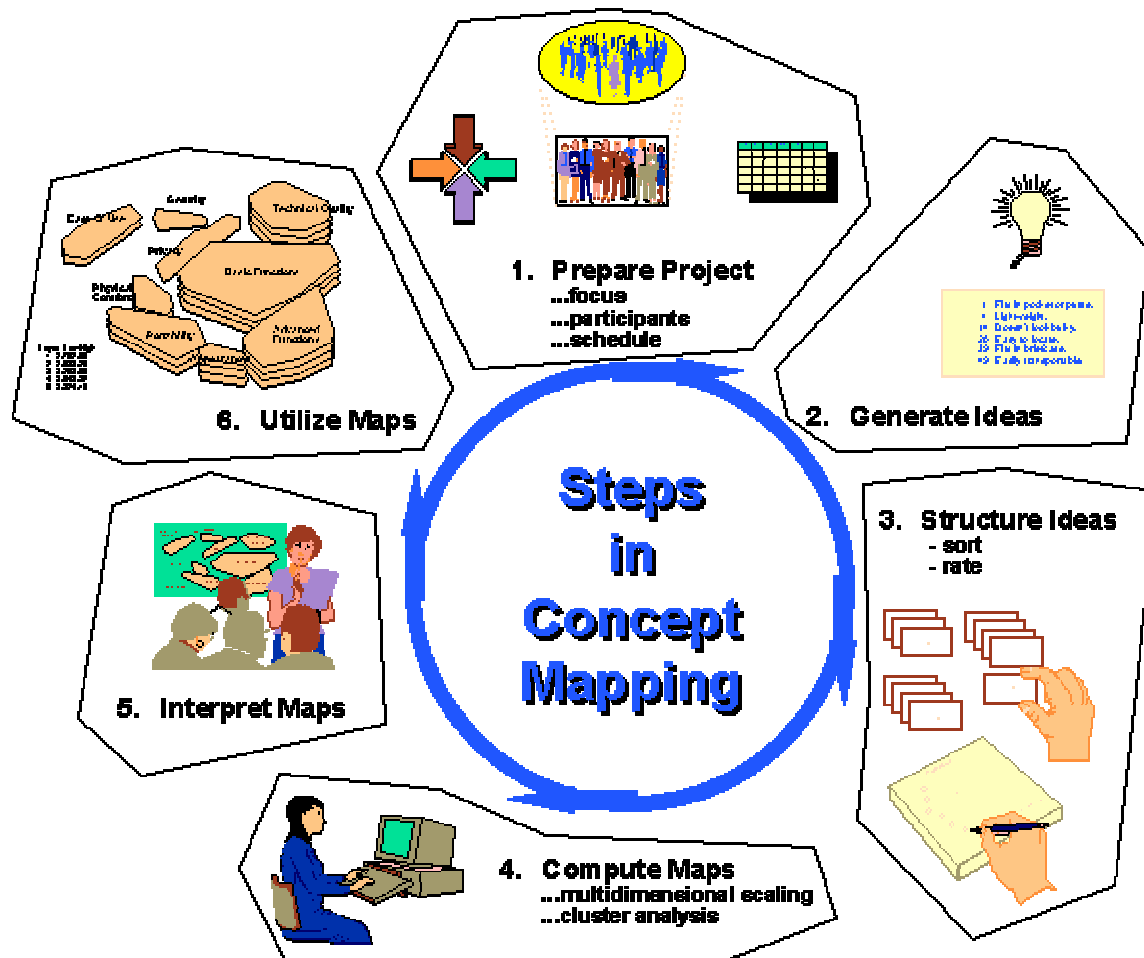
**Figure 4.** Un exemple de carte cognitive commune élaborée durant la séance de remue-ménages. Reproduit de Shaw (2003).

Le rôle de l'animateur a consisté ici à encourager les participants à discuter des contributions apportées et à découvrir les relations de causalité, de façon à favoriser l'identification des actions souhaitables pour avancer dans l'élaboration de la solution au problème soulevé.

Trochim (2002) décrit une méthode de construction de cartes des connaissances appelée *Integrated Creativity Methodology*, dédiée à l'expression de la créativité et pouvant être utilisée dans de nombreux domaines : le développement de nouveaux produits, la planification stratégique ou opérationnelle, la gestion du changement ou la réingénierie, l'intégration de systèmes d'information, l'analyse de la satisfaction de la clientèle, etc. Les cartes cognitives sont élaborées par le logiciel *Concept System*<sup>35</sup>, qui permet de générer automatiquement (en utilisant des méthodes statistiques multidimensionnelles) une carte conceptuelle collective à partir des idées générées et classées par les participants. La réunion est supervisée par un facilitateur dont le rôle est d'aider le groupe à articuler les idées pour construire les cartes, puis à les interpréter pour générer les solutions aux problèmes à résoudre.

La figure 5 représente le cycle de la méthode proposée par Trochim et Concept Systems Inc. On remarquera que les cartes des connaissances sont ici générées par la machine et ne possèdent pas de liens, les associations entre les concepts étant exprimés par la taille, le voisinage et la dispersion des grappes (*clusters*).

<sup>35</sup> Ce logiciel est commercialisé par Concept Systems Inc. (<http://www.conceptsystems.com/software.html>).



**Figure 5.** Les six étapes du processus du *concept mapping* selon Trochim, reproduit de [http://www.conceptsystems.com/mapping\\_organizational\\_creativity.htm](http://www.conceptsystems.com/mapping_organizational_creativity.htm)

### 2.3.2.1.3 Aide à l'identification de besoins d'information

La cartographie cognitive a été utilisée pour l'étude des besoins en information dans des organisations, pour construire le ou les système(s) d'information souhaité(s), surtout dans les domaines mal structurés et flous où « les utilisateurs ont des besoins sans être capables de les exprimer clairement, ainsi que des situations où il y a plusieurs acteurs et où l'activité d'analyse des besoins en information se doit de déboucher sur un résultat satisfaisant plusieurs individus et non un seul » (Arthus & Rhodain, 1999). Dans ces situations, la construction des cartes permet non seulement une production de modèles, mais surtout « une clarification issue d'une structuration des problèmes apportés par la construction ou la re-construction de représentations » des usagers (Arthus & Rhodain, 1999).

Arthus & Rhodain (1999) rapportent trois cas d'application de la cartographie cognitive pour la recherche de besoins en information dans des situations mal structurées et ayant abouti à la production d'un système d'information dans l'organisation. Le premier cas a consisté à construire un système d'information automatisé destiné à des *managers* afin de les aider à évaluer le travail

de leurs subordonnés, au sein d'une importante entreprise canadienne d'assurance automobile (Montazemi et Conrath, 1986). En s'appuyant sur les critères d'évaluation fournis par les *managers*, les chercheurs élaborent d'abord un questionnaire visant à faire ressortir des liens de causalité que les *managers* établissent entre les différents facteurs d'évaluation. Les réponses aux questions sont utilisées par les chercheurs pour construire une carte cognitive destinée à devenir un système d'information permettant de détecter les performances « exceptionnelles » des subordonnés.

Le deuxième cas a consisté à élaborer des tableaux de bord pour *managers* (Arthus, 1997). La cartographie cognitive permet ici de dégager les indicateurs pertinents sous forme de *Facteurs Clés de Succès* (idées perçues comme centrales par le sujet pour l'atteinte des objectifs qu'il s'assigne) pour un dirigeant donné, muni d'un style cognitif donné. Les cartes cognitives sont construites et analysées grâce à la méthodologie SODA. Tout d'abord, durant une séance de groupe, une carte collective est construite par l'animateur à partir des idées exprimées par les participants. Ensuite, l'animateur structure et résume la carte cognitive, ainsi que les cartes comportant l'argumentation sous-jacente à chaque facteur clé de succès, et la soumet pour validation au groupe. Enfin, à partir de la carte collective, chaque membre du groupe va déterminer les indicateurs dont il a besoin, grâce à l'étude des facteurs clés de succès.

Le troisième cas est celui de l'utilisation d'une méthode intitulée CORE (CONfrontation de REprésentations) développée par (Rodhain, 1997) et permettant d'aboutir à la production d'un portefeuille de projets dans le cadre de la planification de systèmes d'information (SI). La méthode, dont la démarche se décompose en trois grandes étapes, a été appliquée dans trois organisations. La première étape consiste en des entretiens individuels qui servent de base à la construction des cartes cognitives par le chercheur. Ces cartes sont ensuite montrées aux acteurs pour qu'ils les valident. À la fin de cette première étape, chaque acteur possède une carte cognitive individuelle, décrivant sa vision unique de la stratégie de l'organisation et des projets SI à développer en relation avec cette stratégie.

Une problématique similaire est décrite par McKay (1998) qui fait état d'une recherche-action pour résoudre des problèmes apparus dans le cadre d'un plan d'indemnisation pour les employés, selon la méthodologie SODA. Les résultats obtenus indiquent que la vision commune des besoins d'un système d'information que les dirigeants croient partagée s'est révélée illusoire et défectueuse. La construction d'une carte cognitive commune selon la méthodologie SODA a permis la prise de conscience des divergences d'opinions existant derrière le consensus apparent et a favorisé le développement d'une véritable compréhension partagée sur les besoins de systèmes d'information.

#### 2.3.2.1.4 Aide à la gestion de projets

Plusieurs cas d'utilisation de cartes de connaissances en gestion de projets sont rapportés sur le site de la compagnie commercialisant le logiciel *MindManager*. Par exemple, une entreprise internationale spécialisée en *Knowledge Management* (cas AON) décrit son expérience de l'utilisation de cartes produites avec cet outil en soulignant que leur utilisation a permis de maintenir une vision à la fois claire et souple du projet, d'éclaircir et communiquer la perspective du projet et sa stratégie et a facilité le passage d'une vue d'ensemble à celle des détails. Les cartes ont également permis de communiquer de façon appropriée les données méthodologiques du projet (sur les besoins, la structure de la production, les mandats des équipes ou, encore, les « meilleures pratiques »).

L'Entreprise ConEdison a utilisé les cartes dans le but de restructurer l'entreprise en difficulté financière. Le logiciel *MindManager* a été employé pour construire des cartes précisant qui fait quoi, pourquoi, comment et à quel coût. La carte a permis un travail de collaboration à tous les niveaux (de la direction et des employés), de rendre les réunions plus productives et d'identifier les points faibles. « *Mapping enabled the teams to literally 'see' their problem-solving efforts come together in real time to form actionable plans* » (citation de Al Homyk, General Manager of Operations Services).

Une entreprise internationale de vente de produits de luxe dans les aéroports (cas DFS) a également utilisé la construction de cartes collectives avec le logiciel *MindManager* pour gérer le projet de restructuration du département Technologies de l'information de l'entreprise. Les gains obtenus ont été tangibles, puisque l'entreprise déclare avoir réduit ses infrastructures des données de 90 % (passant de 16 centres à 2, puis à 1 seul), réduit le trafic du serveur de 75 % et réduit le montant des dépenses du département de 35 %. Les employés ont fait preuve davantage de créativité durant la résolution de problèmes et ont fait montre davantage d'optimisme et d'esprit d'équipe.

#### 2.3.2.1.5 Aide à la communication

Plusieurs cas rapportés sur le site de *MindJet* font état de différents aspects de la contribution des cartes de connaissances à l'amélioration de la communication dans les entreprises. Par exemple, dans le cas de la DFS, une chaîne de magasins de luxe dans les aéroports, l'utilisation des cartes a permis d'améliorer le rendement pendant les réunions des équipes internationales, puisque les périodes consacrées aux réunions ont été réduites de moitié, alors que le taux de participation a augmenté. De plus, tout ce qui se passe durant les réunions est désormais répertorié. Un constat similaire quant à une meilleure productivité des réunions est fait par l'entreprise ConEdison et par l'entreprise Genencor. Un avantage particulièrement remarqué est l'uniformisation du vocabulaire (cas AON). Le même constat est fait par une entreprise en biotechnologies (cas Genencor), où l'on constate que la carte a facilité l'instauration d'un langage commun et accessible à différents publics et professionnels (administratif, scientifique, de production, etc.).

Les autres avantages mentionnés sont l'amélioration de la prise des notes et de leur distribution, la rationalisation du processus de remue-méninges (cas ShawCor Ltd) et la visualisation sur mesure des éléments importants.

#### 2.3.2.2 Les « cartes pour comprendre »

Comme nous l'avons exposé plus haut, les utilisations des cartes de connaissances pour comprendre un état de choses visent à obtenir une représentation plus précise des connaissances de la personne (ou des personnes). Dans ce cas, la dimension épistémologique prime la dimension praxique, et, par conséquent, ces cartes doivent répondre à des critères d'exhaustivité, de fiabilité, d'exactitude et de compréhensibilité. Nous soulignerons encore une fois que cette distinction est surtout opérationnelle, puisque, aussi bien les cartes pour agir que les cartes pour comprendre jouent un rôle instrumental dans l'action. Mais, dans le cas des cartes pour comprendre, la démarche réflexive constitue l'étape obligatoire préalable à l'action. Autrement dit :

Réfléchir sur ce que l'on pense est crucial, parce que la pensée est au cœur de l'action : l'être humain pense avant d'agir, pendant qu'il agit et après avoir agi. Comme les cartes cognitives permettent de prendre un peu de distance à l'égard de sa propre façon de



penser, comme individu ou comme collectivité, elles permettent de mieux savoir ce que l'on fait... (Cossette, 1994a).

Le but général des cartes pour comprendre est de représenter les connaissances. Voyons ci-dessous quelques applications particulières des cartes de connaissances comme outils d'aide à la représentation des connaissances, plus spécifiquement des connaissances expertes. Ces applications sont présentées selon leur but.

#### 2.3.2.2.1 Création de normes communes d'une pratique professionnelle experte

Bishop, Clarke, & Ocean (2002) rapportent une étude menée pour l'*Australian Association of Mathematics Teachers* dans laquelle la construction de cartes s'est effectuée pour établir des normes dans le domaine de l'enseignement des mathématiques. Ces normes touchent les domaines suivants : les connaissances professionnelles, les caractéristiques professionnelles, sociales et communautaires et les pratiques professionnelles. Les cartes de connaissances ont été une des stratégies retenues pour décrire le domaine des « connaissances professionnelles ». Les connaissances visées étaient les connaissances idiosyncratiques et relationnelles de l'enseignant. Elles ont été construites par des enseignants de façon individuelle et analysées par les chercheurs chargés d'élaborer les normes communes de la profession.

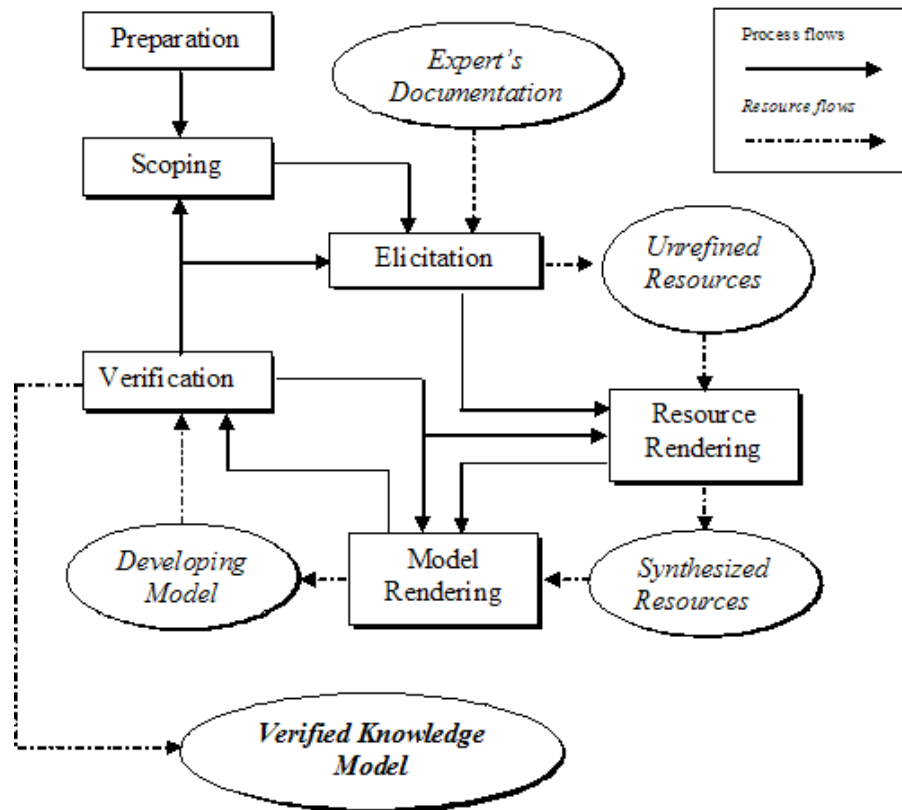
#### 2.3.2.2.2 Préservation des connaissances expertes

Le but général de la méthode de préservation des connaissances expertes présentée dans cette section est d'éviter la perte de la mémoire collective de l'entreprise à la suite de départs à la retraite des « baby boomers » (Coffey & Hoffman, 2003). L'une des méthodes élaborées à cette fin est la méthode nommée *PreSERVe* (*Prepare, Scope, Elicit, Render, Verify*) utilisée à la NASA (voir la figure 6). Elle adopte une perspective plus large que celle de créer un système expert et comprend, outre la construction des cartes avec le logiciel *CMap*, d'autres méthodes d'extraction des connaissances, relevant aussi bien de l'analyse des tâches expertes (observation, recueil des protocoles verbaux, analyse des cas typiques) que des techniques d'entrevues (structurées ou non). La combinaison des techniques est effectuée au cas par cas, le but étant toujours une plus grande efficacité et une utilisation appropriée de l'informatique.

En ce qui concerne la construction des cartes de connaissances, la méthode met l'accent sur :

- la clarification des éléments de connaissance particuliers des experts,
- l'identification de leurs sources de connaissances les plus riches,
- la construction du processus global.

La méthode de modélisation des connaissances utilisée s'inspire des travaux de Novak (nœuds et arcs), en utilisant la hiérarchisation adoptée dans le logiciel *CMap*. Tous les niveaux sont reliés entre eux, ce qui peut représenter des centaines d'éléments (concepts, principes, relations, etc.).



**Figure 6.** La méthode de modélisation des connaissances *PreSERVe* (reproduite de Coffey, Hoffman, Canas, & Ford, 2002).

Cette méthode a été utilisée dans plusieurs recherches. Nous décrivons ici plus en détail celle du Lewis Center de la NASA, où l'outil *CMap* a été utilisé pour capturer et préserver le savoir de six ingénieurs seniors portant sur le design aéronautique, plus spécifiquement le design de systèmes de lancement d'une fusée (Coffey, Moreman et Dyer, 1999, dans Canas *et al.*, 1999). Dans ce projet, les experts réalisent des cartes multimédias avec *CMap*. Des icônes sont associés aux concepts, fournissant des liens vers d'autres cartes ou d'autres médias explicatifs (texte, vidéo, image, simulation, WWW, etc.). L'outil propose aussi le partage des propositions via le système *Knowledge soup*<sup>36</sup>. Le but initial était de comparer la perspective des concepteurs du véhicule et celle des concepteurs du moteur. La révision et la prise en compte des avis de plusieurs experts ont conduit à des discussions sur les problèmes de la fusée, étalées sur 2 jours et touchant tous les aspects de sa construction, ainsi que le rôle de la NASA. Les données recueillies ont consisté en enregistrement (films) des discussions, ajout de dessins d'archives (pertinence incertaine) et cartes produites. L'étape suivante consistait à contacter un retraité, ingénieur chez un sous-traitant, et à l'inviter à se joindre aux discussions. En tout, le travail sur ce cas a duré 17 jours, y compris des tâches prenantes (retranscriptions, révisions, etc.) et représente l'équivalent de 180 personnes/an en connaissances techniques. Le travail global a permis de produire 15 cartes, 118 graphiques, 102 textes et 18 films vidéo, l'ensemble étant indexé, hiérarchisé et navigable, à l'aide des hyperliens. Il faut insister sur le caractère itératif de la méthode *PreSERVe*. Un des

<sup>36</sup> À noter que des efforts sont présentement en cours pour développer un environnement collaboratif de partage de savoir pour le *NASA Astrobiology Institute*.

grands atouts des cartes de connaissances est qu'elles peuvent être constamment révisées et évaluées, y compris dans un processus d'élaboration et de compilation des connaissances. En effet, la préservation des connaissances expertes exigent que celles-ci soient correctement évaluées et classées et que les ressources pertinentes soient incorporées au fur et à mesure de la révision et de la réévaluation constante. Les chercheurs soulignent également que les experts consultés ont été en mesure d'identifier leurs lacunes et étaient capables d'y remédier, y compris pour les aspects tacites, les plus difficiles à conserver. Il faut noter également l'enthousiasme des experts à parler de leur domaine et de leurs connaissances, comme s'ils n'attendaient que cette occasion pour le faire.

#### 2.3.2.2.3 Création d'un système de gestion de connaissances

La méthode *PreSERVe* a servi également à représenter les connaissances d'experts en vue de créer un système de gestion des connaissances à la *US Navy's meteorology community*. Celle-ci doit composer avec de nombreuses données, variables, paramètres et, pour cela, l'expérience des météorologues locaux constitue un apport essentiel. Durant le projet de modélisation des connaissances avec *CMap*, les cartes construites ont servi de base préliminaire à des entrevues structurées auprès de 9 météorologues, conduisant à une grande banque de connaissances. Des données déjà connues et répertoriées (de plus de 400 sources) ont été ensuite intégrées à cette hiérarchie de connaissances. L'ensemble a été vérifié et contre-vérifié par les experts et de façon indépendante (externe); il n'y a eu que 10 % de modifications pour améliorer le système. Les nouveaux venus ont utilisé ce système et l'ont jugé efficace, concret et instructif.

Pour conclure cette section sur les applications de la carte des connaissances en contexte organisationnel, soulignons la très grande diversité de leur utilisation et la richesse des méthodes dont la modélisation fait partie, mais également une grande confusion terminologique et un enchevêtrement important des questions opérationnelles et scientifiques sous-jacentes à ces recherches. Il est certain que la modélisation des connaissances peut être employée pour faciliter une gestion stratégique des connaissances dans l'organisation. On constate qu'elle peut répondre à une variété d'objectifs, tels que ceux que nous avons distingués plus haut, mais également permettre de redécouvrir l'expertise « cachée » dans des documents moins accessibles tels que des documents archivés, et contribuer à la conception du contenu et de stratégies de formation (Coffey *et al.*, 2002).

## **Partie 3 - La co-modélisation des connaissances à des fins de transfert d'expertise**

Dans cette partie, nous abordons plus spécifiquement la situation de co-modélisation des connaissances à des fins de transfert d'expertise. Nous identifierons d'abord quelques avantages de la co-modélisation des connaissances dans une telle perspective, en nous appuyant sur différentes théories relatives au rôle des interactions sociales dans le développement cognitif et l'apprentissage, ainsi que sur différents résultats de recherches menées sur la co-modélisation des connaissances en contexte d'apprentissage. Nous concluons cette section par l'identification de divers facteurs susceptibles de contribuer au succès de la mise en œuvre, en contexte organisationnel, d'une stratégie de transfert d'expertise fondée sur la co-modélisation des connaissances.

### **3.1 Les avantages de la co-modélisation des connaissances à des fins de transfert d'expertise**

Tant sur le plan théorique qu'empirique, on trouve des arguments en appui à l'usage de stratégies de co-modélisation des connaissances à des fins de transfert de connaissances. Nous les présentons brièvement dans les pages qui suivent.

#### ***3.1.1 L'apport des interactions sociales à l'apprentissage***

Plusieurs théoriciens en psychologie et en éducation considèrent l'interaction sociale comme étant, en soi, un facteur important de développement cognitif et d'apprentissage. Bien que la plupart de ces théories aient été proposées pour expliquer le développement cognitif et l'apprentissage chez l'enfant, nous pensons, à l'instar de Bourgeois & Nizet (1999), qu'à divers titres, elles apportent une contribution significative à la compréhension du phénomène de l'apprentissage chez les adultes, même si ce n'est pas la visée première de ces travaux. Nous résumons, dans les paragraphes qui suivent cinq théories mettant de l'avant le rôle des interactions sociales dans l'apprentissage et le développement humain, soit la théorie de l'apprentissage social, la théorie du conflit sociocognitif, la théorie socioculturelle de la cognition, la théorie de l'interactionnisme symbolique et la théorie de la participation à la communauté. Chacune de ces théories offre une interprétation différente des avantages qu'offre une situation de co-modélisation des connaissances.

##### ***3.1.1.1 La théorie de l'apprentissage social***

La théorie de l'apprentissage social de Bandura (1977) — et qu'il a appelée, dans une version ultérieure, la théorie sociale cognitive de l'apprentissage (Bandura, 1986) — stipule que la simple observation d'un individu-modèle en action constitue déjà un puissant mécanisme d'apprentissage. Ainsi, selon Bandura, de nombreux apprentissages se produisent en observant un modèle plus compétent à l'œuvre. L'apprentissage serait plus efficace si le modèle observé a l'occasion d'extérioriser ses processus mentaux au cours d'un processus de résolution de problèmes (Schunk, 1987). Comme le souligne Bandura (1986):

Learning cognitive skills can be facilitated simply by having models verbalize their thought strategies aloud as they engage in problem-solving activities. The covert thoughts guiding the actions are thus made observable through overt representation. Modeling both

thoughts and actions has several helpful features that contribute to its effectiveness in producing generalized, lasting improvements in cognitive skills. (p. 74)

Pour Bandura, les bienfaits de l'observation d'un modèle ne se traduit pas simplement par un comportement de simple imitation mais bien par le développement, chez l'observateur, de règles internes permettant de générer et de réguler son propre comportement. C'est pourquoi il préfère parler de *modelage (modeling)* plutôt que d'imitation. Dans le modelage, le sujet extrait des règles générales qu'il reprendra à son propre compte par la suite pour agir à son tour, alors que l'imitation suppose une exacte reproduction des actions du modèle observé (Weil-Barais, 1993).

Selon cette théorie, le simple fait de permettre à un individu novice d'observer un expert en situation de production des connaissances visées, comme c'est le cas dans la situation de co-modélisation de connaissances, serait donc favorable à l'apprentissage chez le novice.

### 3.1.1.2 La théorie du conflit sociocognitif

Jean Piaget est sans doute le psychologue du développement cognitif le plus connu à travers le monde. Sa thèse principale stipule que la connaissance est *construite* par l'individu au fil de ses interactions avec son environnement. Il adopte donc un point de vue *constructiviste* du développement cognitif. Les résultats des actions de l'individu dans son environnement n'étant pas toujours ceux auxquels il s'attend, il est appelé à vivre ce que Piaget appelle des *conflits cognitifs*. Les perturbations intellectuelles jouent un rôle important dans la théorie piagétienne, car elles mènent naturellement à la recherche d'un nouvel équilibre cognitif ou, si l'on veut, à une reconstruction cognitive chez l'individu.

Pour Piaget, ce ne sont pas seulement les actions dans l'environnement physique qui permettent à l'individu de construire ses structures cognitives, mais également ses actions dans l'environnement social, les autres étant sources potentielles de perturbation cognitive. Mais pour des auteurs tels que Doise, Mugny, Perret-Clermont et leurs collaborateurs, Piaget fait reposer trop exclusivement le progrès cognitif sur le conflit cognitif individuel résultant des confrontations et des contradictions entre les actions ou anticipations du sujet et les résultats de son action sur les objets physiques. Ils proposent donc une théorie psychosociale de l'intelligence qui met plutôt en avant-scène le rôle du conflit *sociocognitif*. Ils affirment que c'est la confrontation interindividuelle de points de vue différents qui oblige les individus à coordonner leurs points de vue et à rechercher un nouvel équilibre cognitif. Pour eux, le conflit sociocognitif est particulièrement efficace parce qu'il permet de faire coexister *dans une même situation et en même temps* des points de vue cognitifs opposés. En cela, le conflit sociocognitif serait plus confrontant que le simple conflit cognitif provoqué par la contradiction entre anticipations et résultats lors de la manipulation individuelle d'objets, où les centrations tendent à se succéder chez le sujet sans nécessairement provoquer des déséquilibres (Doise et Mugny, 1981). Certaines recherches ont montré l'impact positif sur l'apprentissage de la fréquence des désaccords observés dans l'interaction verbale et de l'intensité de l'argumentation qui accompagne les désaccords (Gilly, Fraisse, & Roux, 1988).

Il est important de noter qu'il s'agit bien de conflits *sociocognitifs* dont il est question ici et non pas de conflits de nature *relationnelle*. Monteil (1987, dans Bourgeois et Nizet, 1999) a identifié deux dimensions permettant de caractériser les interactions sociocognitives :

- la dimension de « l'idée », qui distingue des interactions contradictoires et confrontantes sur le plan des idées de celles qui sont marquées d'approbation et de convergence de points de vue.

- La dimension de « l'affect », qui distingue les relations caractérisées par la contrariété (antagonisme, discorde, agressivité) et celles qui sont caractérisées par l'aménité (cordialité, sympathie, bienveillance, affabilité).

En croisant ces variables, on obtient le tableau 6. Selon Monteil, les relations les plus susceptibles de conduire à des progrès cognitifs sont celles qui combinent à la fois la confrontation des idées et l'aménité sociale (type II).

**Tableau 6. Les types d'interactions sociocognitives selon Monteil (1987, dans Bourgeois et Nizet, 1999, p. 169)**

Dimension de l'idée	Dimension de l'affect	
	Contrariété	Aménité
Contradiction	I	II
Approbation	III	IV

Il découle donc de cette théorie du conflit sociocognitif que les situations d'apprentissage susceptibles de générer des conflits sociocognitifs entre partenaires de travail seraient particulièrement bénéfiques à l'apprentissage. Est-ce le cas des situations de co-modélisation des connaissances? Malheureusement, bien que, comme on le verra plus loin, il existe certaines analyses des types d'interactions entre sujets en situation de co-construction de cartes conceptuelles, très peu d'entre elles ont porté sur l'identification de la présence de tels conflits. Seules les études de Van Boxtel et ses collaborateurs fournissent quelques indices à ce sujet. Ainsi, van Boxtel *et al.* (2000) ont observé une plus grande quantité d'épisodes de conflits cognitifs chez un groupe d'étudiants ayant co-construit en dyade des cartes conceptuelles que ceux ayant réalisé des « posters », ce qui a influencé positivement le nombre total des épisodes de raisonnement chez le premier groupe. Dans une autre étude réalisée auprès de 20 étudiants universitaires, van Boxtel & Veerman (2001) ont relevé que les messages de *chat* envoyés au cours d'une séance de co-construction de diagrammes argumentatifs au moyen de *Belvedere* contenaient beaucoup de contre-arguments et de défis posés aux partenaires. Osmundson *et al.* (1999) ont également observé des discussions et des débats animés au sein des petites équipes d'enfants de 10-11 ans qui co-construisaient des cartes de connaissances à l'aide d'un outil informatisé. Tergan (2003) considère la carte conceptuelle comme un espace de partage de savoir qui contribue à rendre l'argumentation plus cohérente. On peut donc faire l'hypothèse que la situation de co-construction d'un modèle commun de connaissances, qui implique des consensus relatifs aux décisions sur les types de connaissances et de liens à représenter dans le modèle, serait une situation propice à l'émergence de conflits sociocognitifs.

### 3.1.1.3 La théorie socioculturelle de la cognition

Dans les années 20 et 30, le psychologue soviétique Lev Vygotsky propose une approche du développement cognitif qui met en lumière le rôle du contexte sociohistorique dans le processus de construction du savoir. Pour Vygotsky (1978), le développement des fonctions cognitives supérieures, soit les fonctions qui différencient l'être humain de l'animal (pensée conceptuelle, pensée logique, autorégulation cognitive, etc.), découle des interactions des individus avec les outils techniques (marteau, machine, etc.) et symboliques (langage, systèmes mathématiques, représentations graphiques, etc.) présents dans leur culture, ainsi qu'avec des personnes plus compétentes. Ainsi, pour Vygotsky, toute action humaine est fondamentalement « médiée » par l'environnement socioculturel.

Vygotsky croit, par exemple, que les habiletés d'autorégulation cognitive se développent graduellement chez les enfants par interactions répétées avec des adultes ou des pairs plus compétents. Les enfants seraient d'abord « régulés par les autres », puis en intériorisant graduellement l'activité métacognitive d'abord assumée par l'autre, ils en viennent à s'autoréguler. Pour Vygotsky, les fonctions supérieures cognitives apparaissent donc deux fois dans le développement de l'individu : une première fois sur le plan social (plan interpsychologique) et plus tard sur le plan individuel (plan intrapsychologique). Ce processus d'*internalisation* des fonctions cognitives est ainsi le mécanisme central qui explique la contribution des interactions sociales au développement cognitif.

Selon cette théorie, les novices engagés dans une situation de co-modélisation des connaissances avec des experts seraient susceptibles d'intérioriser les représentations explicitées par l'expert grâce au langage et aux outils utilisés. Comme les outils de modélisation des connaissances ont précisément pour fonction de permettre aux usagers d'extérioriser leur modèle mental respectif dans un format graphique et structuré, on peut penser qu'il s'agit là d'une situation particulièrement propice à l'apprentissage.

#### 3.1.1.4 La théorie de l'interactionnisme symbolique

Dans son ouvrage *Mind, Self and Society*, George Herbert Mead (Mead, 1934/1974)<sup>37</sup> décrit comment la signification attribuée aux symboles d'une culture donnée (gestes, langage) découle d'un processus social de négociation entre les partenaires d'une interaction. Clark et Trognon (Clark, 1996; Clark & Wilkes-Gibbs, 1986; Trognon, 1993; Trognon & Kostulski, 1998) sont deux auteurs qui se sont intéressés au mécanisme de négociation de significations entre des individus. Pour Clark & Wilkes-Gibbs (1986), les représentations sont au centre de l'interaction communicative : lorsque l'écart entre les représentations des interlocuteurs est trop important, il en résulte une impossibilité d'échange. La notion centrale est celle de « terrain commun », c'est-à-dire de l'ensemble des connaissances, hypothèses et croyances partagées par les partenaires ou présumées telles. Ce terrain commun est le produit d'une négociation permanente. La production et la compréhension du langage sont conçues en fonction de cet état momentané du terrain commun. « La structure linguistique de ces énoncés n'est pas indépendante de leur fonction communicative. La compréhension consiste à identifier les buts et les sous-butts du locuteur. Ces buts ne sont pas seulement de faire partager les connaissances, mais de réaliser certaines choses. » (Clark, 1992, dans Caron, 1995). L'influence de Clark s'est ainsi traduite par la description des différentes opérations mises en œuvre dans la construction de l'espace commun lors de l'apprentissage et qui consistent à (1) introduire et accepter les connaissances; (2) surveiller les actions en cours, de façon à détecter les divergences de conception; et (3) annuler les divergences qui nuisent à la poursuite de la tâche.

Les interactionnistes insistent sur l'importance, lors des échanges entre les membres d'une communauté, d'en arriver à une compréhension mutuelle, ce que Rogoff (1990) appelle l'*intersubjectivité*. Cette compréhension partagée nécessite un objet d'attention commun et un ensemble de présuppositions partagées. L'importance de l'intersubjectivité dans des activités de résolution conjointe de problèmes a été soulignée au moyen de plusieurs étiquettes. Mugny, Perret-Clermont, & Doise (1981) parlent d'*interdépendance sociale*. Berkowitz et Gibbs (1985,

---

<sup>37</sup> En réalité, G.H. Mead n'a jamais publié de livres, mais de nombreux articles. Après sa mort, plusieurs de ces étudiants ont édité quatre ouvrages à partir des notes prises dans ses cours. L'ouvrage *Mind, Self, and Society* a été édité par Charles W. Morris.

dans Rogoff, 1990) parlent de *discussion « transactive »* impliquant un processus de raisonnement sur le raisonnement du partenaire et Rubtsov et Guzman (1984-95, dans Rogoff, 1990) parlent de *coopération dans des actions conjointes*.

Nombre d'auteurs ont souligné le rôle important des représentations externes prenant la forme de cartes de connaissances dans le processus de négociation des significations. Ainsi, en conclusion de leur étude sur la co-construction de cartes de connaissances à l'aide d'un outil informatisé, Osmundson *et al.* (1999) écrivent : « *The visual display of the monitor and its interactive nature provided a tangible organizer around which students could negotiate meaning.* » Kealy (2001) qualifie la carte de connaissances de « sténo linguistique » (*linguistic shorthand*) de concepts qui facilitent la communication et le partage d'idées. Roth & Roychoudhury (1993) notent, à la suite d'observations de séances de co-construction de cartes de connaissances par des étudiants de collège que les diagrammes semblaient permettre aux sujets de s'assurer qu'ils parlaient bien de la même chose et de contrer les difficultés à exprimer des phénomènes avec des mots. Dans un autre article, ils comparent la carte conceptuelle à la tablette d'esquisses du concepteur et au « tableau blanc » du chercheur en sciences cognitives (Suchman, 1988) :

the concept map design becomes a means of negotiating meaning. Talk and representation are coextensive, organized in and around the design of the merging concept map, the designer's sketch pad, or the cognitive scientist's white board. [...] in their use, the concept map designs, like the sketch pad or white board, facilitate the collaborative negotiation and construction of meaning (Roy et Roychoudhury, 1992, pp. 550-551).

Une autre métaphore utilisée par ces mêmes auteurs pour décrire la carte de connaissances est celle de « colle sociale » (*social glue*), qui amène les sujets à partager une vision commune de la tâche ainsi qu'une représentation commune de leur compréhension de concepts et des relations entre ces concepts (Roth & Roychoudhury, 1992, 1994). Stoyanova et Kommers (2001) notent également que la carte conceptuelle réalisée en situation collaborative facilite le processus de négociation de significations et favorise une compréhension mutuelle profonde entre les collaborateurs.

### 3.1.1.5 La théorie de la participation à la communauté

À partir de la fin des années 80, on voit apparaître dans les écrits en sciences cognitives et en éducation une nouvelle école de pensée qui met de l'avant l'idée que la cognition est inextricablement liée à la « situation » dans laquelle elle se développe et se déploie. Le terme « situation » renvoie non seulement au contexte immédiat dans lequel elle est réalisée (contextes formels ou informels, avec ou sans la présence d'autres personnes, avec ou sans outils, etc.), mais surtout à la culture globale dans laquelle elle prend place (avec ses valeurs, ses pratiques sociales, ses règles, etc.). Selon cette approche, la cognition n'est donc pas un phénomène qui « réside » dans la tête d'un individu, sous la forme de concepts et règles abstraites. La cognition se trouve plutôt dans l'interaction entre une personne et les autres personnes qui l'entourent, les objets et outils qui se trouvent dans son environnement et les pratiques sociales développées au sein de sa culture au fil de son histoire. Cette approche a pris nom d'approche *contextuelle* (ou *située*) de la cognition. La cognition est dite située parce qu'elle s'inscrit non seulement dans un environnement immédiat qui inclut des outils et d'autres personnes, mais également (et surtout) dans une matrice socioculturelle plus englobante qui structure les activités des individus.

La culture dans laquelle baigne l'apprenant constitue donc le cadre fondamental qui oriente toute l'activité d'apprentissage de l'individu et celui-ci est alors vu comme un participant aux pratiques



sociales de sa communauté (Lave & Wenger, 1991). Essentiellement, la construction d'un savoir se réalise donc en participant à une pratique sociale. Et pour que l'apprenant participe efficacement à cette pratique sociale, il doit s'ajuster, avec l'aide notamment des personnes de son entourage, aux contraintes des systèmes physiques et sociaux avec lesquels il interagit dans cette situation de pratique sociale (Greeno, Collins, & Resnick, 1996). Ainsi, l'apprentissage est vu comme un processus social, dialogique dans lequel des participants à une communauté négocient des significations.

Selon cette théorie, les novices devraient avoir l'occasion de participer régulièrement et activement aux pratiques de la communauté d'experts de son domaine pour favoriser le développement de leurs compétences. En ce sens, cette théorie favorise plutôt des approches fondées sur le mentorat et le compagnonnage, où les experts ont l'occasion de révéler leurs pratiques habituelles de travail et de guider les apprentis dans leur appropriation de ces pratiques. Bien que l'activité de construction d'un modèle de connaissances ne fasse généralement pas partie des pratiques habituelles de la plupart des communautés d'experts, elle offre à ces derniers l'occasion de communiquer leur savoir sous une forme explicite et structurée et peut ainsi constituer un complément intéressant aux approches de mentorat, de compagnonnage et de formation. Il est possible, par exemple, d'amener des classes de sciences à adopter les pratiques des scientifiques et des mathématiciens, estiment Roth et Roychudhury (1992). Pour ce faire, il faut leur donner l'occasion de s'engager dans un discours sur les pratiques de ces experts. Ils estiment que la co-construction de cartes conceptuelles constitue une activité toute désignée pour ce faire : « *Because the conscriptive quality of the concept map is so strong, it encourages and facilitates extended student discourse about science topics. As such, concept mapping makes for an activity structure which supports the building of a classroom culture of scientific discourse* » (Roth et Roychudhury, 1994, p. 443).

Notons, en conclusion de cette section, qu'à partir des années 70, une grande quantité de recherches ont été menées dans le but de démontrer expérimentalement l'effet des interactions sociales sur l'apprentissage (Dillenbourg, Baker, Blaye, & O'Malley, 1995; Gilly, Roux, & Trognon, 1999; Johnson & Johnson, 1999; Salomon & Perkins, 1998; Slavin, 1990). Plusieurs de ces recherches prennent appui sur l'un ou l'autre des cadres théoriques que nous venons de présenter. Limitons-nous ici à simplement rappeler qu'en général, ces recherches démontrent la supériorité des performances cognitives collectives par rapport aux performances individuelles. Ces recherches ont été menées dans plusieurs domaines, avec des sujets d'âges différents, dans des tâches variées et pour des apprentissages divers. Citons, à titre d'exemples uniquement (car les références en ce domaine sont nombreuses), les travaux de Abrami *et al.* (1996), Doise & Mugny, 1981, 1991; Johnson & Johnson, 1999 et la méta-analyse de Johnson, Johnson, & Stanne (2000). Certains chercheurs ont étudié plus spécifiquement l'effet du tutorat sur l'apprentissage et sur le développement cognitif et ont démontré des effets positifs tant pour le tuteur (Allen, 1976; Barnier, 2000; Brixhe, 1999; Cohen, 1986; Hudelot, 1999) que pour le tuteur (Barnier, 1989; Legrain & d'Arripe-Longueville, 2000). L'effet positif sur le tuteur a été expliqué par le fait que « l'exercice du tutorat peut favoriser l'abstraction réfléchissante et la réflexion sur l'activité de résolution » (Gilly, 1990).

### **3.1.2 Les recherches sur la co-modélisation des connaissances en situation d'apprentissage**

La recherche portant spécifiquement sur la co-construction de cartes conceptuelles a débuté à la fin des années 80 et s'est intensifiée au cours des dernières années, mais elle est encore

relativement rare. Nous en avons recensé une quinzaine. Ces recherches ont été menées principalement en milieu éducatif et auprès de sujets de l'ordre d'enseignement post-secondaire, bien qu'on relève quelques recherches menées aux ordres d'enseignement primaire et secondaire. On remarque que, dans beaucoup de ces recherches, les chercheurs fournissaient une liste de concepts prédéfinis aux sujets exécutant la tâche de co-construction de cartes conceptuelles.

Une première question à laquelle se sont intéressés les chercheurs a trait à l'effet de l'activité de co-construction de cartes conceptuelles sur la qualité des cartes produites et sur l'apprentissage, en comparant cette activité soit à une activité individuelle de production de cartes, soit à une activité d'apprentissage collaboratif d'une autre nature que la production de cartes conceptuelles. Ainsi, Okebukola & Jegede (1988) ont comparé les cartes produites sur le thème de la photosynthèse par deux groupes d'étudiants universitaires dans un cours de biologie, sur une période de 3 semaines : les sujets du premier groupe ont élaboré ces cartes en petites équipes, alors que les sujets de l'autre groupe les ont élaborées individuellement. Les cartes produites ont été évaluées en utilisant une méthode élaborée par Novak, Gowin, & Johansen (1983) : un point était accordé pour chaque lien correct, 5 points pour chaque niveau hiérarchique et 5 points pour chaque « lien croisé » correct (*i.e.* un lien entre deux concepts situés dans des sections différentes de la carte). Les cartes produites en situation collaborative ont obtenu des scores plus élevés que les cartes produites individuellement. En outre, les étudiants de la condition collaborative ont obtenu de meilleurs résultats à un test mesurant la compréhension et évaluant les niveaux les plus élevés de la taxonomie des objectifs d'apprentissage de Bloom. Les chercheurs en concluent que le fait de construire des cartes en collaboration a conduit à un apprentissage plus « signifiant » (*meaningful learning*) que la production individuelle de cartes conceptuelles. Leur étude incluait également un groupe contrôle, dans lequel les sujets n'ont pas fait de cartes conceptuelles et assistaient uniquement à des exposés magistraux. Ces sujets ont obtenu de moins bons résultats à la mesure post-test de compréhension que ceux qui ont effectué des cartes conceptuelles individuellement ou en groupe. Van Boxtel *et al.* (2000) n'ont toutefois pas trouvé de différence significative à un post-test de compréhension entre des élèves de 16 ans en physique ayant effectué auparavant une carte conceptuelle sur le thème de l'électricité et ceux ayant effectué un poster sur ce même thème. La tâche ici était toutefois de courte durée (45 minutes).

D'autres chercheurs ont étudié les effets de l'activité collaborative de construction de cartes conceptuelles sur la qualité des cartes produites subséquemment en mode individuel. Dans une étude effectuée auprès de 52 enfants de 10-11 ans, Osmundson *et al.* (1999) ont d'abord demandé à tous les sujets d'élaborer, à l'aide d'un outil informatisé (*Concept Mapper*) qui leur était déjà familier, une carte individuelle portant sur les systèmes respiratoires, circulatoires et digestifs, à titre de prétest (à noter que les concepts et les liens étaient prédéfinies dans le logiciel et pouvaient être sélectionnés à partir de menus). Par la suite, pendant trois semaines, au cours de leurs leçons de sciences, les sujets ont effectué deux types de tâche collaborative. Dans le premier groupe, ils ont réalisé une carte conceptuelle en équipes de 3-4 personnes portant sur le thème du corps humain. Dans le deuxième groupe, ils ont recherché sur Internet des informations sur le corps humain, ont utilisé différentes ressources didactiques en rapport avec ce thème et ont discuté des concepts et des systèmes biologiques du corps humain en petits groupes. Par la suite, tous les sujets ont produit, à titre de post-test, une carte conceptuelle individuelle portant sur le même thème qu'au prétest ainsi qu'un essai écrit sur ce même sujet. Les résultats aux deux post-tests furent plus élevés chez le groupe ayant co-construit des cartes de connaissances. Les auteurs en concluent que les élèves ayant utilisé le logiciel de construction de cartes de connaissances

pendant quelques semaines font montre d'une compréhension plus profonde des relations entre les concepts scientifiques, tant à l'intérieur de chaque système biologique étudié qu'entre ces systèmes. Le processus de construction de connaissances chez ces élèves se caractérisait par quatre types de changements, révélés par une analyse des différentes cartes produites au cours des 3 semaines :

- de nouvelles idées (insensées, pragmatiques, scientifiques et fondées sur des principes) ont été ajoutées au répertoire des connaissances des élèves;
- certaines idées insensées ou impossibles ont été transformées en compréhension plus scientifique ou ont disparu des cartes;
- certaines idées pragmatiques sont devenues plus fondées sur des principes;
- plus de connexions ont été faites entre les systèmes.

Stoyanova & Kommers (2002) ont également comparé les cartes individuelles produites par des étudiants universitaires suivant un cours portant sur l'hypermédia après deux types d'activités d'apprentissage collaboratif, soit l'activité de production de cartes conceptuelles et l'activité de production d'un plan textuel classique à l'aide d'une technique de remue-méninges. Dans les deux cas, l'objectif de l'activité collaborative était d'en arriver à une vision commune de la structure conceptuelle du sujet de l'hypermédia qu'ils devaient construire, et ce, en se fondant sur leur savoir antérieur dans le domaine et leur vision personnelle du domaine visé (la production de fromages). Comparativement aux sujets ayant produit un plan, les sujets ayant produit des cartes conceptuelles ont élaboré, par la suite, des cartes individuelles :

- contenant davantage de concepts;
- moins linéaires (les concepts sont répartis dans plusieurs niveaux);
- contenant davantage de concepts nouveaux par rapport aux cartes individuelles produites au prétest.

En outre, il apparaît que les concepts discutés en situation collaborative sont plus souvent transférés aux individus dans les groupes ayant effectué des cartes conceptuelles en collaboration. Les auteurs en concluent que l'usage de la carte conceptuelle rend le savoir individuel plus explicite et plus signifiant pour les autres membres du groupe. Il est plus facilement communiqué, reflété et élaboré et est donc plus susceptible d'être incorporé, par la suite, dans les représentations individuelles.

Par ailleurs, quelques chercheurs ont commencé à étudier, au cours des dernières années, les types d'interactions qui se produisent lors de séances de co-construction de cartes conceptuelles et certains ont examiné le lien entre ces interactions et la qualité des cartes produites pendant l'interaction ou, encore, diverses mesures d'apprentissage prises à la suite de la séance de co-construction de cartes. Certaines de ces recherches ont porté sur des situations de co-construction à distance à l'aide d'outils informatisés.

Chiu, Huang & Chang (2000) ont analysé les messages de *chat* échangés par des enseignants du primaire lors d'une séance de co-construction d'une carte conceptuelle à l'aide d'un outil informatisé conçu spécifiquement pour la recherche. Ils remarquent que les interactions sont majoritairement liées à la tâche et que la qualité des cartes produites est liée positivement à la quantité de messages échangés et à certains types de messages, soit des échanges de type coopératif, des interactions de haut niveau et des co-opérations complexes qui impliquent une coopération au niveau du processus de l'activité, et non seulement au niveau du produit de l'activité.

Curieusement, Chung *et al.* (1999) ont trouvé que plus les sujets de leur étude pilote (une trentaine d'étudiants de 9<sup>e</sup> année) ont communiqué par *chat*, moins bon était le contenu de leur carte lorsqu'on la comparait à une carte produite par un expert du domaine. Ce résultat s'est confirmé dans leur étude principale menée auprès d'autres sujets. Ils expliquent ce résultat par l'effet de l'attention partagée (*split-attention effect*) (Sweller, 1994). Les sujets de cette étude avaient à sélectionner parmi 37 messages prédéfinis et portant chacun un numéro. Ces messages étaient fournis sur une feuille de papier, alors que seuls les numéros apparaissaient à l'écran : ainsi, les sujets devaient choisir un numéro à l'écran sans avoir sous les yeux les messages auxquels ils renvoyaient. Les auteurs admettent que ce système imposait une charge cognitive probablement trop élevée aux participants. Par ailleurs, leur analyse des interactions montre que le nombre d'interactions de type « prise de décision » est corrélé positivement à la qualité de la structure de la carte produite, alors que les interactions de type « adaptabilité » y sont corrélées négativement. Mais dans leur étude principale, ils ont trouvé peu de corrélation entre les types d'interactions et la qualité des cartes produites et n'ont pas retrouvé les corrélations entre la prise de décision et la qualité des cartes.

Suthers *et al.* (2002) ont comparé les effets de deux contextes de co-construction d'un certain type de cartes de connaissances<sup>38</sup> (distance et présence) à l'aide de l'outil *Belvedere* sur l'apprentissage et sur le type d'interactions sociales chez 20 étudiants universitaires travaillant en dyade. Dans les deux cas, les étudiants lisaient un texte présentant différents problèmes dans un espace de l'écran et ils devaient représenter, dans un autre espace de l'écran, les données, les hypothèses et les relations d'évidence qu'ils pouvaient faire entre ces données et hypothèses à partir du texte présentant le problème. Dans la condition « distance », un outil de *chat* était rajouté à l'environnement informatisé. Les chercheurs n'ont relevé aucune différence significative entre les groupes à la mesure post-test individuelle de rappel. Les dyades de la condition « distance » ont moins échangé. Les auteurs reconnaissent que l'outil de *chat* est un outil de communication plus lent, plus complexe et, dans cet environnement, moins visible (il était confiné dans une petite fenêtre dans le bas de l'écran), ce qui peut expliquer ce résultat. Ils ont observé que le discours se produisait souvent, de fait, dans le graphe lui-même, alors que le *chat* ne servait qu'à approuver ou désapprouver. Ils soulignent l'absence de moyen de référencer l'action dans la condition distance, ce qui aurait eu pour effet d'amener les sujets à faire référence le plus souvent à des éléments tout juste introduits dans le graphe et rarement à des éléments introduits précédemment au cours de la séance. Les auteurs font remarquer que les outils de construction collaborative de représentations graphiques devraient permettre des conversations fluides et croisées sur les multiples représentations en jeu. Van Boxtel et Veerman (2001) en sont arrivés à des conclusions similaires dans leur recherche menée auprès d'étudiants universitaires utilisant *Belvedere*, en dyades ou triades. Selon eux, l'interprétation immédiate et partagée de l'information est rendue plus difficile par le fait que les sujets n'ont plus la possibilité de pointer et de faire des signes de tête dans les échanges. De ce fait, les sujets doivent déployer de grands efforts de coordination de leur communication.

Fischer & Mandl (2000, 2001) ont étudié les échanges entre des étudiants universitaires en design pédagogique réalisant des cartes conceptuelles à distance ou en présence et utilisant, pour ce faire, un outil informatisé structuré (*CoStructure Tool*) ou un éditeur graphique), formant ainsi quatre groupes de sujets. Les sujets avaient pour tâche de représenter graphiquement trois plans

---

<sup>38</sup> Il s'agit de graphes permettant de représenter les données et les hypothèses d'un problème donné et de les relier par des liens pouvant être sélectionnés dans un menu « positifs » (+), « négatifs » (-) ou « ... » (?).

de leçons. L'outil *CoStructure* fournit une liste de concepts relatifs à chaque leçon et propose deux types de relations entre les concepts (relation positive et relation négative), alors que l'éditeur graphique, comme on le sait, n'offre aucune information spécifique au contenu du domaine visé. Les résultats montrent que la construction d'un savoir partagé n'a pas été rendue plus difficile ni plus facile dans la modalité à distance. Par ailleurs, le fait de fournir une structure a encouragé les échanges sur les aspects conceptuels de la tâche.

Certains auteurs ont noté la faible qualité des cartes co-construites à distance (Chung *et al.*, 1999; De Simone, Schmid, & McEven, http). La co-construction de cartes de connaissances à distance semble poser des défis particuliers aux sujets. Parmi les difficultés relevées, on note, par exemple, la perturbation provoquée par la lenteur de certains sujets à taper les messages envoyés au partenaire dans l'outil de *chat*, ce qui entraîne une diminution du temps disponible pour interagir avec le partenaire (Chiu *et al.*, 2000). Plusieurs des messages échangés étant répétitifs, certains auteurs proposent donc, comme on l'a vu, de fournir, dans le logiciel, des messages typiques ou des messages-racines à compléter que les sujets n'auraient qu'à sélectionner afin d'accélérer le processus de communication (Chiu, Huang, & Chang, 2000; Chung, O'Neil et Herl, 1999; Reinhard *et al.*, 1997). Mais dans l'étude de Chung, O'Neil et Herl (1999), les sujets ont révélé ne pas aimer utiliser des messages prédéfinis.

D'autres auteurs ont étudié les interactions entre des sujets réalisant des cartes conceptuelles ensemble en présence (en classe). Roth et Roychudhury (1992; 1993; 1994) ont étudié les interactions entre des étudiants de collèges américains au cours de séances de co-construction de cartes conceptuelles en classe. Une liste de concepts était fournie par les chercheurs, mais les sujets pouvaient en rajouter à leur guise. Dans leur étude de 1992, ils rapportent trois types d'échanges observés, soit des épisodes de construction collaborative, des épisodes d'opposition (*adversarial exchanges*) et la formation d'alliances temporaires. Mais leur analyse fine étant de nature qualitative, il n'y a pas de données permettant d'identifier lesquels se produisent plus souvent. Ils ont cependant remarqué, au cours de leurs observations, que les élèves utilisent fréquemment des phrases courtes, voire un seul mot, pour échanger entre eux. Ils se demandent si ceci pourrait constituer un obstacle à la formation de concepts plus complexes et à une clarification et argumentation plus élaborée.

Dans leur étude de 1993, les élèves ont effectué une première carte conceptuelle en situation collaborative. Après une semaine, puis 5 semaines, ils ont effectué des cartes en mode individuel. Enfin, ils ont produit une carte en collaboration. Les auteurs ont remarqué que les sujets démontrant une appropriation individuelle plus grande de l'expérience collaborative provenaient des groupes où se produisaient plus de discussions sur la hiérarchie de la carte et qui avaient produit des cartes bien structurées. Ceux que l'on pouvait identifier comme faisant preuve d'une appropriation individuelle moins grande provenaient de groupes ayant eu davantage de discussion portant sur la proximité locale entre des concepts (tel concept va avec tel autre) et dont la carte était globalement peu organisée. Les auteurs ont également relevé plusieurs indices d'intersubjectivité entre les membres des groupes, les uns terminant les phrases des autres et chacun usant de plus en plus des indices déictiques (pointer, dire « ceci », « cela », etc.). Les auteurs remarquent que tant le langage verbal que le langage graphique et le langage gestuel participent à la co-construction de la représentation.

Sizmur & Osborne (1997) mettent en lumière l'importance de l'élaboration collective de l'information échangée lors de séances de construction collective de cartes de connaissances. Ils ont observé, dans leur étude menée auprès de 84 élèves de 9-11 ans en sciences ayant construit

des cartes conceptuelles avant et après une leçon, qu'il y a peu d'échanges élaborés individuellement (*i.e.* des échanges où une élaboration est faite par un même individu) et beaucoup d'échanges élaborés collectivement (*i.e.* des échanges où l'ensemble des partenaires sont actifs dans l'élaboration de l'information). Ils notent que beaucoup d'idées introduites ne sont pas retenues par le groupe : la plupart du temps, il s'agit là d'échanges non élaborés. Les échanges élaborés collectivement conduisent les sujets à faire davantage de liens scientifiquement valides que les échanges élaborés individuellement. À l'instar de Roth et Roychoudhury (1993), ils ont observé le phénomène de l'élaboration mutuelle, un enfant poursuivant la contribution d'un autre enfant, ce qui témoigne d'une compréhension partagée. En conclusion, les chercheurs font remarquer que le dialogue entre des enfants co-élaborant des cartes conceptuelles en classe est très différent de ce que l'on retrouve typiquement dans la triade d'enseignement « Question-Réponse-Évaluation ». Ici, les enfants (et non seulement l'enseignant) posent des questions. Et il n'y a pas de réponse prédéfinie attendue : la signification est émergente et le discours est plus exploratoire.

Les questions entre les partenaires de dyades en situation de co-construction de cartes conceptuelles sont également fréquentes dans les observations rapportées dans l'étude de van Boxtel, van der Linden et Kanselaar (2000). Les adolescents ayant participé à cette recherche ont émis deux fois plus de questions que des échanges de type « conflit » et « raisonnement ». De plus, on relève deux fois plus d'épisodes de co-construction de raisonnement que d'épisodes de raisonnement construit individuellement. Comparativement aux participants ayant co-élaboré des posters, ceux qui ont co-construit des cartes conceptuelles ont davantage discuté des relations entre les concepts du domaine, des concepts eux-mêmes et des relations entre la représentation utilisée et d'autres formes de représentation. Tel que nous l'avons déjà mentionné, on y a relevé également davantage de conflits élaborés. Enfin, les auteurs ont trouvé une corrélation positive entre la fréquence des épisodes élaborés et le score de compréhension post-test. Les auteurs en concluent que l'activité de co-construction de cartes conceptuelles est plus susceptible de susciter des verbalisations sur les concepts, ainsi que l'élaboration de conflits et de raisonnements.

### **3.2 Les facteurs favorisant le succès de l'activité de co-modélisation des connaissances dans un but de transfert d'expertise**

Quels seraient les facteurs les plus critiques pour assurer le succès d'une stratégie de co-modélisation des connaissances utilisée à des fins de transfert d'expertise dans une organisation? Notre recension des écrits nous a amenées à identifier trois catégories de facteurs, soit les facteurs reliés aux individus, les facteurs reliés à l'organisation des situations de co-modélisation dans lesquelles on les met et les facteurs reliés à l'environnement organisationnel plus global.

#### **3.2.1 Les facteurs reliés aux individus**

Rares sont les recherches ayant examiné la relation entre des variables individuelles et l'activité de construction de cartes de connaissances. Celles que nous rapportons ont surtout été menées auprès d'élèves du primaire et du secondaire. Elles peuvent néanmoins fournir quelques tendances qu'il serait intéressant de vérifier auprès des clientèles adultes.

##### **3.2.1.1 Les habiletés spatiales/visuelles des sujets**

Anderson-Inman et Zeitz (1993) notent que les étudiants qui ont de bonnes habiletés à construire des cartes conceptuelles ont souvent des résultats élevés aux tests évaluant les habiletés spatiales.

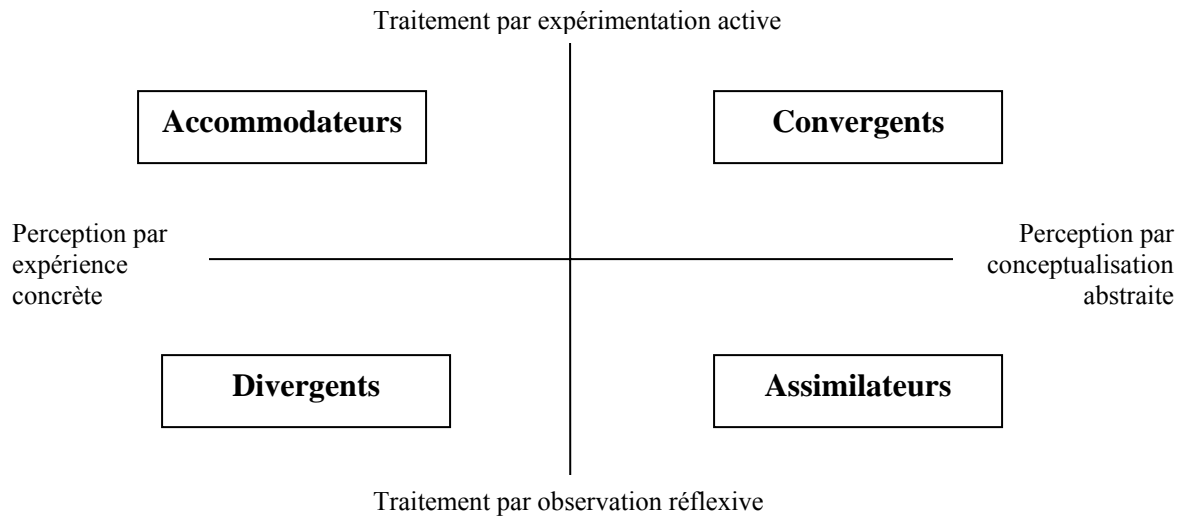
On peut considérer, écrivent-ils, qu'il s'agit là d'apprenants « visuels ». Les représentations graphiques exprimées sous forme de cartes de connaissances constitueraient un moyen d'expression particulièrement adapté pour ces individus (Anderson-Inman et Zeitz, 1993). Ceci corrobore les observations rapportées par Basque et Pudelko (2003). Ces auteures rapportent les commentaires émis spontanément par certains des étudiants ayant élaboré des cartes conceptuelles dans un cours universitaire : « *Étant visuel, j'apprends mieux lorsque les concepts sont structurés de cette façon* ». À l'inverse, d'autres étudiants se définissant comme plutôt « auditifs » ne voyaient pas bien l'utilité de l'activité.

Stensvold et Wilson (1990) ont également montré dans leur recherche réalisée auprès d'étudiants américains de 9<sup>e</sup> année que l'activité de construction de cartes conceptuelles serait plus bénéfique aux étudiants ayant de faibles habiletés verbales qu'à ceux ayant de bonnes habiletés verbales. On peut donc faire l'hypothèse que la carte de connaissances pourrait constituer un moyen intéressant de représentation de leur savoir pour certaines catégories de travailleurs (par exemple, des travailleurs manuels).

### 3.2.1.2 *Le style d'apprentissage et les préférences cognitives des sujets*

Kaminski (2002) souligne le manque de recherche examinant la relation entre les styles d'apprentissage et les habiletés de réalisation de cartes conceptuelles et leurs effets sur l'apprentissage.

Oughton et Reed (Reed et Oughton, 1998; Oughton et Reed, 1999; 2000) sont parmi les rares chercheurs ayant investigué cette question. Ils ont comparé les cartes produites par des étudiants en fonction de leurs méthodes préférées de perception et de traitement de l'information telles qu'elles ont été définies par Kolb (1985), ainsi que par leur dépendance-indépendance du champ. Rappelons que Kolb distingue quatre types d'apprenants, soit les « accommodateurs », les « assimilateurs », les « convergents » et les « divergents ». Les accommodateurs préfèrent percevoir les informations par expérience concrète et les traiter par l'expérimentation active. Les assimilateurs préfèrent la conceptualisation abstraite et l'observation réflexive. Les convergents préfèrent la conceptualisation abstraite et l'expérimentation active, alors que les divergents préfèrent l'expérience concrète et l'observation réflexive (voir la figure 7).



**Figure 7.** Les styles d'apprentissage proposés par Kolb (1985).

La dépendance-indépendance du champ constitue un autre style cognitif qui décrit le degré d'influence exercée par l'environnement perceptuel ou le contexte sur la manière de percevoir ou de comprendre une information (Witkin, Oltman, Raskin et Karp, 1971). Les étudiants dépendants du champ tendent à recourir à des références externes pour percevoir ou comprendre une information, alors que les indépendants du champ ont recours davantage à des ressources internes (Ayersman et von Minden, 1995). Les dépendants du champ tendent à accepter la structure et les idées telles qu'on les présente. Les indépendants du champ tendent à générer eux-mêmes une structure et à représenter des concepts selon leur propre analyse, à générer leurs propres hypothèses et à acquérir l'information selon leurs propres schèmes.

Reed et Oughton (1998) ont comparé les cartes produites en situation collaborative par des groupes d'étudiants universitaires dans le domaine de l'hypermédia éducatif dont la composition variait quant au styles cognitifs et aux connaissances préalables dans le domaine visé. Les résultats montrent que le groupe composé de 2 convergents, un assimilateur et un divergent fut le plus productif. Ce groupe était aussi composé d'étudiants ayant déjà de bonnes connaissances dans le domaine de l'hypermédia. Le groupe composé de 3 divergents ayant peu de connaissances préalables dans le domaine fut le moins productif. L'analyse montre, par ailleurs, que le style d'apprentissage serait plus important que le degré de connaissances dans le domaine pour déterminer le type d'interactions se produisant dans un groupe. Les auteurs concluent que des groupes composés d'individus possédant divers styles d'apprentissage semblent plus efficaces. Le groupe idéal est celui composé d'individus ayant des styles d'apprentissage variés et de bonnes connaissances dans le domaine. Le groupe le moins productif serait celui composé d'individus du même style d'apprentissage et ayant le même degré de familiarité dans le domaine.

Les chercheurs ont étudié plus en profondeur l'influence mutuelle des membres d'une triade d'étudiants universitaires composée d'un convergent ayant un style mixte de dépendance du



champ, d'un assimilateur indépendant du champ et d'un accommodateur dépendant du champ ayant produit des cartes conceptuelles d'abord en individuel puis en collaboration (Reed et Oughton, 1998). Il ressort de l'analyse que le sujet assimilateur et indépendant du champ a été celui qui a le plus influencé le travail de la triade. On retrouvait, pour ce sujet, (1) une plus grande similarité entre la carte individuelle élaborée avant la séance collaborative de construction de carte, (2) le plus grand nombre de concepts ajoutés et le plus petit nombre de concepts omis, (3) le plus grand nombre de caractéristiques relatives à l'hypermédia ayant été incluses dans la carte de groupe et (4) les liens les plus complexes entre les concepts. Celui ayant eu le moins d'influence est le convergent au style mixte à la mesure de dépendance-indépendance du champ, bien qu'il ait été très prolix au cours des échanges verbaux, alors que l'accommodateur a été plutôt silencieux au cours de la séance de co-construction de la carte. La contribution de l'accommodateur était davantage procédural que conceptuel : ses commentaires portaient sur la stratégie à adopter plutôt que sur les concepts. Les rôles des partenaires d'un petit groupe de co-modélisateurs de connaissances peuvent donc varier selon leur style cognitif.

Dans leur étude de 2000, Oughton et Reed (2000) ont comparé les cartes conceptuelles produites par 21 étudiants universitaires inscrits dans un cours dans le domaine de l'hypermédia en éducation, en fonction des styles d'apprentissage de Kolb (1985). Lors de la séance de construction de la carte conceptuelle, les chercheurs ont fourni aux sujets une liste de 20 concepts prédéfinis et les sujets pouvant en ajouter 5 de leur choix. La tâche consistait à construire une carte représentant le domaine de l'hypermédia. Les résultats montrent que les assimilateurs et les divergents ont eu une productivité supérieure aux autres groupes d'étudiants. Ceci pourrait s'expliquer, selon les auteurs, par le fait que les sujets de ces deux styles d'apprentissage sont caractérisés par leur habileté à considérer plusieurs perspectives simultanément et à générer plusieurs idées. Les accommodateurs furent, quant à eux, les moins productifs.

Okebukola et Jegede (1988) ont examiné, pour leur part, si le fait d'avoir certaines « préférences cognitives » influence la qualité des cartes conceptuelles produites et l'apprentissage subséquent. Ils ont évalué ces préférences cognitives chez des étudiants universitaires à l'aide du *Biology Cognitive Preference Inventory* (Tamir, 1980, dans Okebukola et Jegede, 1988), qui permet de distinguer quatre profils :

- *Rappel (R)* : Ce profil se caractérise par l'acceptation de l'information sans considération de ses implications ou applications. L'individu manifeste de l'intérêt à apprendre un nom, un nombre, une définition, une formule, etc.
- *Principes (P)* : Ce profil se caractérise par la représentation ou l'explication de principes fondamentaux ou relations. L'individu manifeste de l'intérêt à identifier une relation entre des variables ou une règle, à expliquer des phénomènes.
- *Questionnement (Q)* : Ce profil se caractérise par le questionnement pour complétion, validité générale ou limites. L'individu manifeste de l'intérêt à analyser et commenter la validité d'une information et/ou à générer des suggestions, des hypothèses.
- *Application (A)* : Ce profil se caractérise par la résolution de problèmes. L'individu manifeste de l'intérêt à utiliser des informations scientifiques pour résoudre des problèmes.

Les étudiants présentant le profil P ont produit de meilleures cartes que les autres. Ils ont aussi obtenu une meilleure performance à un test d'apprentissage signifiant (*meaningful learning*), évaluant les niveaux plus élevés de la taxonomie des objectifs d'apprentissage de Bloom. Les étudiants présentant le profil R ont obtenu de moins bonnes performances à ce test.

Dans son étude menée auprès d'enseignants en formation et en exercice suivant des cours à l'université, Bitner (1996) n'a trouvé aucune corrélation significative entre deux mesures du style d'apprentissage et la qualité générale des cartes conceptuelles qu'ils ont élaborées. Quelques corrélations à des sous-mesures des cartes ont toutefois été relevées. Le premier style d'apprentissage concerne leur propension à utiliser plutôt leur cerveau droit ou leur cerveau gauche pour apprendre et a été évalué au moyen du *Hemispheric Mode Indicator* (HMI) (McCarthy & Germain, 1993a). Les individus tendant à utiliser plutôt leur cerveau gauche sont décrits comme davantage séquentiels, analytiques, rationnels et verbaux, alors que les individus utilisant plutôt leur cerveau droit sont décrits comme visuels, holistes et faisant usage de leur intuition, leurs croyances et opinions. La deuxième mesure du style d'apprentissage est fondé sur le *4MAT System* de (McCarthy & Germain, 1993b), qui distingue quatre types d'apprenants en les plaçant sur un continuum vertical de perception et un continuum relatif à leur mode de traitement de l'information : les apprenants « innovateurs », les apprenants « analytiques », les apprenants de « sens commun » et les apprenants « dynamiques »<sup>39</sup>. Les cartes des sujets ont été évaluées au moyen de 7 mesures : propositions, hiérarchies, branches, différenciation des concepts de chaque branche, liens croisés, exemples et degré de conceptualisation. La seule différence significative relevée indique que les sujets tendant à utiliser leur cerveau droit ont élaboré davantage de propositions.

### 3.2.1.3 L'état socioaffectif des sujets

Sur le plan socioaffectif, il est certain que les partenaires doivent avoir certaines dispositions psychiques propres à favoriser la résolution efficace de conflits sociocognitifs risquant de survenir au cours d'une séance de construction de cartes de connaissances en situation collaborative. Un individu perturbé émotionnellement, par exemple, peut difficilement supporter le moindre conflit, que celui-ci soit de nature sociocognitive ou d'une autre nature.

Par ailleurs, les individus ne devraient pas être trop anxieux face à leur capacité à réaliser la tâche de co-construction de connaissances. Murtonen et Merenluoto (2001) rapportent une étude exploratoire effectuée auprès de 7 étudiants universitaires en méthodologie quantitative de recherche, dans laquelle elles ont comparé les cartes produites par les étudiants anxieux face au domaine et les cartes produites par les non-anxieux, le degré d'anxiété ayant été mesurée par un questionnaire préalable. Les auteurs ont observé que les non-anxieux tendent à produire des cartes plus élaborées que les non-anxieux. Cependant, selon (Jegede, Alaiyemola, & Okeboukola, 1990), le fait de construire des cartes de connaissances permettrait de réduire l'anxiété de sujets anxieux face à une matière (ici, la biologie). Il ressort, par ailleurs, de la méta-analyse de Horton *et al.* (1993) que la construction de cartes de connaissances a des effets largement positifs sur les attitudes des étudiants en général.

---

39 Les apprenants innovateurs perçoivent l'information de manière concrète et la traitent de manière réflexive. Ils sont inventifs et aiment travailler avec les autres. Leur question favorite est « Pourquoi ? ». Les apprenants analytiques perçoivent l'information de manière abstraite et la traitent de manière réflexive. Ils aiment créer des modèles et des théories. Ils valorisent la pensée séquentielle. Leur question favorite est « Quoi ? ». Les apprenants de « sens commun » perçoivent l'information de manière abstraite et la traitent activement. Ce sont des penseurs à l'esprit pratique : ils aiment savoir comment les choses fonctionnent. Leur question favorite est « Comment ça marche ? ». Les apprenants dynamiques perçoivent l'information de manière concrète et la traitent de manière active. Ils aiment apprendre par essais et erreurs et aiment prendre des risques. Leur question favorite est « Que se passerait-il si... ? »

Certains sujets peuvent toutefois ne pas apprécier ce genre d'activité. Allen (1989; dans L. Anderson-Inman & Zeitz, 1993) rapporte que plusieurs étudiants ont dit détester faire des cartes conceptuelles, bien qu'ils estiment qu'il s'agisse là d'une stratégie d'apprentissage valable. Ils ne souhaitaient pas réutiliser cette technique dans le futur, la trouvant trop ardue.

### **3.2.2 Les facteurs reliés à l'organisation des situations de co-modélisation**

De notre recension d'écrits, trois facteurs reliés à l'organisation des situations de co-modélisation peuvent être identifiés comme porteurs de succès d'une stratégie de transfert axée sur la co-modélisation des connaissances. Le premier facteur a trait aux conditions mises en place pour favoriser la contribution de chacun des participants engagés dans l'activité. Le deuxième facteur touche à la question du degré d'asymétrie de l'expertise entre les partenaires qui sont jumelés pour réaliser l'activité. Le troisième facteur concerne la méthode d'entraînement à la modélisation des connaissances qui sera adoptée. Nous décrivons brièvement chacun de ces facteurs.

#### *3.2.2.1 La contribution de tous les participants engagés dans l'activité*

Stoyanova & Kommers (2002) ont montré que le fait de co-construire la carte conceptuelle en interagissant directement avec les partenaires est plus bénéfique à l'apprentissage que les échanges entre partenaires autour de cartes produites individuellement. Ils ont étudié trois situations d'apprentissage impliquant la construction de cartes conceptuelles. Dans une première condition (*distributed mapping*), les sujets construisent une carte individuelle puis échangent leurs cartes respectives jusqu'à ce qu'une vision commune du groupe du domaine de connaissances visé émerge. Dans une deuxième condition (*moderated mapping*), les sujets ne voient pas les cartes produites individuellement : c'est un modérateur qui ajuste les cartes produites individuellement jusqu'à ce qu'une vision commune de groupe soit atteinte. Dans la troisième condition (*shared mapping*), les sujets réalisent la carte de manière collaborative. Les résultats mettent en évidence le fait que le mode d'interaction influence fortement l'efficacité de la situation collaborative d'apprentissage. La condition s'étant révélée la plus efficace est la condition *shared mapping*. Les auteurs en concluent : « *learning effectiveness depends on the extent to which students share their learning; not only as results, but also as a process of knowledge acquisition and creation by a direct interaction* » (Stoyanova et Kommers, 2002, p. 131).

Pour leur part, Reinhard *et al.* (1997) ont montré que le fait de pouvoir manipuler une carte prédéfinie contenant des erreurs pour y apporter des changements favorise davantage l'apprentissage dans des situations de co-construction de cartes conceptuelles à distance, comparativement où les sujets ne font que décrire textuellement les changements à apporter à la carte. Les sujets qui pouvaient manipuler la carte ont obtenu une meilleure performance à une mesure de résolution de problèmes pendant la tâche que les sujets travaillant avec une carte statique. En outre, ils ont davantage échangé, ont fait plus d'efforts pour interagir et ont discuté davantage de l'exécution de la tâche (mais moins du contenu), révélant ainsi un effort plus grand de coordination entre eux. Les sujets du groupe « carte statique » se sont davantage concentrés sur le contenu de la carte, alors que le groupe « carte manipulable » ont davantage échangé sur le processus d'exécution de la tâche, à cause de leur besoin plus grand de coordination.

### 3.2.2.2 Une asymétrie d'expertise bien dosée entre les partenaires

Les recherches sur le partage des connaissances en entreprise ont montré la difficulté pour l'expert d'explicitier de façon appropriée ses connaissances tacites. L'une des façons de contrer ce problème serait de jumeler des experts avancés et intermédiaires à des novices.

En nous appuyant sur les recherches ayant porté sur les conditions de succès des conflits sociocognitifs, nous pouvons affirmer que les relations fortement asymétriques quant à l'âge, au développement cognitif, au statut ou à l'expertise peuvent enclencher un mode de régulation des conflits peu favorable à l'apprentissage. En effet, selon les recherches, les relations asymétriques (ex. : enfant-adulte) tendraient à favoriser une régulation *relationnelle* plutôt qu'une régulation *sociocognitive* des conflits. Or, pour que l'interaction soit efficace, la recherche de solutions aux conflits doit se faire sur le plan sociocognitif et non sur le plan strictement social (Doise et Mugny, 1981; Perret-Clermont & Brossard, 1988). Certains individus peuvent, en effet, adopter un comportement complaisant dans le seul but d'éviter le conflit. L'un des sujets se rallie alors au point de vue de l'autre, sans réelle modification interne. Il va sans dire que cette attitude n'est pas porteuse de développement cognitif et d'apprentissage réel. Une régulation d'ordre strictement relationnel peut aussi se faire par simple « juxtaposition » de points de vue, sans réelle confrontation (De Paolis et Mugny, dans Bourgeois et Nizet, 1999). Chacun reste alors sur ses positions et accepte cordialement ce désaccord. En définitive, pour que le conflit sociocognitif bénéficie aux deux partenaires, les partenaires doivent en venir à une véritable solution cognitive commune (Gilly, 1988).

Mais, comme le soulignent Bourgeois et Nizet (1999), même lorsque les relations sont asymétriques, il est possible de provoquer des régulations sociocognitives sous certaines conditions. Par exemple :

- Lorsqu'un tiers acteur perçu comme dominant est introduit dans l'interaction, celui-ci soutenant le point de vue de l'acteur dominé.
- Lorsque l'acteur dominant ne propose pas une réponse explicite, mais se contente de fournir des indications, tout en introduisant des remises en question.

Notons qu'au-delà des caractéristiques objectives qui définissent l'asymétrie des partenaires, les *représentations* que se font les sujets de l'asymétrie de leur relation constituent également un facteur pouvant intervenir dans la relation. Ainsi, un sujet ayant un faible niveau d'estime de soi au point de départ tendra à surestimer la compétence de son partenaire, ce qui peut influencer le type d'interactions qui s'établira avec lui.

### 3.2.2.3 La méthode d'entraînement à la modélisation des connaissances

Les recherches ne fournissent que peu d'indices sur la méthode qui serait la plus efficace pour entraîner des individus à la modélisation des connaissances.

D'abord, il semble qu'il faille un certain temps avant de se sentir à l'aise avec une nouvelle méthode de représentation des connaissances telle que la carte conceptuelle ou le modèle de connaissances. Wandersee (2000) estime qu'il faut au moins 8 semaines d'utilisation de la technique de construction de cartes conceptuelles et avoir produit au moins une dizaine de cartes avant d'atteindre une telle aisance. Novak & Gowin (1984) font également observer que construire des cartes conceptuelles demande un apprentissage assez long (8 à 10 semaines environ). Il faut aussi de la pratique, ainsi que de la rétroaction par un formateur (Wandersee, 2000) ou par l'ordinateur (Chang *et al.*, 2001).

Quelques démarches de construction de cartes de connaissances ont été proposées par divers auteurs. Par exemple, Ault (1985) propose une démarche en 6 étapes : « Sélectionner, Sérier, Regrouper, Arranger, Relier et Réviser ». Kealy (2001) en propose une semblable mais en 4 étapes : « Identifier les concepts, Arranger les concepts, Lier les concepts et Nommer les liens ». Obekula et Jegede (1988) suggèrent d'identifier d'abord le concept central, de lister ensuite les sous-concepts et les concepts supérieures à celui-ci, de les arranger en hiérarchie, puis de les relier.

D'autres auteurs font des recommandations plus spécifiques. Plusieurs de ces recommandations concernent le processus de liaison des connaissances. Par exemple, O'Donnell *et al.* (2002) estiment que l'entraînement devrait inclure une discussion sur les divers types de liens qu'il est possible de faire entre les concepts. Markham *et al.* (1994) suggèrent de sensibiliser les individus à l'existence de différentes sortes de relations (physiques, temporels, logiques, hiérarchiques) lors de l'entraînement à la construction de cartes de connaissances. Reader & Hammond (1994b) proposent d'offrir du soutien aux apprenants pour les amener à faire des liens de nature structurelle entre les concepts plutôt des liens de nature organisationnelle qui se limitent à identifier une similarité entre des concepts. Pour favoriser un traitement actif de l'information, une activité de type « casse-tête » pourrait être intéressante : il s'agit de fournir aux sujets des concepts et des liens prédéfinis et de leur demander de localiser ceux qu'ils connaissent déjà et ceux qu'ils ne connaissent pas (Reader et Hammond, 1994b).

D'autres recommandations visent à réduire la charge cognitive de l'activité de construction de cartes conceptuelles. Chang *et al.* (2002) proposent de fournir, par exemple, des cartes prédéfinies devant être corrigées par les sujets. Dans leur étude, les sujets ayant utilisé cette stratégie après la lecture d'un texte (8 séances de 40 minutes) ont obtenu de meilleurs scores à un post-test de compréhension et ont rédigé un meilleur résumé du texte que ceux ayant généré par eux-mêmes des cartes conceptuelles et que ceux n'ayant fait que lire le texte. D'autres sujets ont bénéficié d'un entraînement appelé *scaffold-fading*, où ils bénéficiaient, lors des premières séances, d'une carte complète prédéfinie, puis d'une carte incomplète. Après quelques séances, ils devaient construire une carte avec de l'assistance, pour finir par en construire une sans assistance. Les auteurs n'ont pas noté de différence significative entre cette stratégie de *scaffold-fading* et les stratégies d'autogénération de cartes et de simple lecture pour ce qui est de la mesure de compréhension. Les sujets ayant bénéficié de cette stratégie ont, par contre, produit de meilleurs résumés que ceux qui ont simplement lu le texte.

Reader et Hammond (1994b) signalent qu'il est nécessaire d'encourager les sujets à réviser leur carte, car ils sont peu enclins à le faire d'eux-mêmes.

Certains auteurs soulignent, par ailleurs, l'intérêt de développer des méthodes qui soient adaptées au style d'apprentissage de chacun. Huai (1997) a ainsi élaboré un programme d'entraînement à la construction de cartes conceptuelles (à la Novak) qui tient compte du style d'apprentissage proposé par Pask (1976), distinguant les étudiants dits « holistes » et « sérialistes »<sup>40</sup>. Le

---

<sup>40</sup> De manière très simplifiée, rappelons que les *holistes* (ou *globalistes*) sont axés sur la compréhension et tendent à adopter une approche plus globale et simultanée pour traiter l'information. Ils favorisent un traitement *top-down* de l'information. Leur faiblesse est de ne pas s'attarder suffisamment aux détails. Les *sérialistes* sont axés sur les opérations. Ils tendent à adopter une démarche plus linéaire, étape par étape, pour s'appropriier de l'information, et à mettre l'accent sur les détails et les procédures à suivre. Ils adoptent une approche *bottom-up*. Leur faiblesse réside dans leur difficulté à relier les informations dans une structure globale. Pask (1976) appelle les étudiants qui réussissent à fonctionner selon les deux styles, les apprenants versatiles (*versatile learners*).

programme destiné aux holistes met l'accent sur les étapes de réalisation et sur les détails. Par exemple, la démarche suggérée consiste à extraire d'abord les détails d'un matériel d'apprentissage et d'en extraire les concepts, les phrases et les mots clés (étape *Extraction des détails*). Cette étape est suivie d'une étape dite de *Sérialisation* où les étudiants doivent classer ces éléments allant du plus abstrait et inclusif au plus concret et spécifique. La troisième étape (*Groupement et arrangement*) consiste à faire des regroupements ayant le même niveau d'abstraction et entre ceux qui ont des liens étroits, et à les disposer dans l'espace bidimensionnel. Enfin (étape *Liaison et proposition*), il s'agit de lier ces éléments et d'apposer les étiquettes sur les liens de manière à former des propositions, puis d'y ajouter d'autres concepts existants pour favoriser la reconstruction personnelle de son modèle mental. Le programme destiné aux sérialistes est conçu de manière à les amener à apprendre selon une approche plus globale et pour les aider à construire une structure plus hiérarchisée des connaissances. Dès la première étape (étape *Élicitation*), ils sont invités à représenter graphiquement leur savoir antérieur. On leur demande ensuite (étape *Réflexion et réorganisation*) de réorganiser cette représentation de manière hiérarchique. Ensuite (étape *Construction*), ils prennent connaissance du nouveau contenu à apprendre et tentent de le relier à la structure globale élaborée. La dernière étape (*Généralisation*) consiste à généraliser le nouveau savoir appris et à favoriser la reconstruction hiérarchique de ses structures mentales.

Il pourrait être intéressant d'insister, dans la méthode d'entraînement, sur les conventions graphiques à respecter lorsque l'on élabore un modèle de connaissances, un peu comme l'a fait Wandersee (1992) pour la carte conceptuelle. Ce dernier propose un format standard à respecter pour la carte conceptuelle, qui inclut les principes suivants :

- Il faut placer un et un seul concept de premier niveau en haut de la feuille.
- L'ensemble doit ressembler à une racine d'un arbre. Les concepts doivent être placés à des niveaux hiérarchiques distincts. Les concepts de même niveau sont alignés. Généralement, les concepts généraux sont placés en haut et les plus spécifiques plus bas dans la hiérarchie.
- Une carte doit se limiter à 12-15 éléments. On peut faire des « macro cartes » ou relier plusieurs « micro cartes ».
- L'étiquette de chaque concept doit être entouré d'une boîte, d'un cercle ou d'une ellipse.
- Chaque lien doit être étiqueté.
- Un exemple doit être lié à un autre concept par l'abréviation latine « e.g. » et doit être inclus dans une boîte entourée d'une bordure pointillée. On peut mettre des exemples à n'importe quel niveau de la hiérarchie.
- Les liens croisés sont utilisés pour représenter des liens d'intégration entre des branches de la carte. Ces liens sont pointillés.
- Il faut réviser la carte de manière qu'il y ait peu ou pas de liens qui se croisent sur un plan visuel.

D'autres, comme Kealy (2001), suggèrent d'encourager les sujets à signaler la plus ou moins grande proximité des objets de la carte en les disposant de manière plus ou moins rapprochée, car certaines recherches démontreraient qu'une représentation visuelle explicite de la proximité entre des objets aurait des effets positifs sur l'apprentissage (Wiegmann, Dansereau, McCagg, Rewey et Pitre, 1992; dans Kealy, 2001).

Enfin, notons que nous disposons de très peu d'indices pour ce qui est de l'entraînement à des situations collaboratives de modélisation des connaissances. Van Boxtel (van Boxtel *et al.*, 2000) ont évalué si le fait de disposer d'une courte préparation avant de réaliser une tâche de co-

construction de carte conceptuelle a un effet sur les échanges qui se produisent lors de la séance collaborative de travail. Ils n'ont observé aucun effet de la préparation sur le nombre de conflits survenus pendant la tâche de co-construction, mais ceux qui ont eu une préparation individuelle préalable ont formulé plus de questions lors des échanges en groupe. Fisher (1990) suggère de permettre aux sujets de comparer les cartes produites, ce qui leur permet de constater qu'il y a plusieurs manières de voir les choses. Roth & Roychoudhury (1994) se sont intéressés, pour leur part, au rôle adopté par l'enseignant lors de séances de co-construction de cartes conceptuelles par de petits groupes d'élèves. Ils ont identifié que l'enseignant adoptait essentiellement deux rôles : celui de *coach*/facilitateur/guide et celui d'évaluateur. Le rôle de *coach* se traduisait par les activités suivantes : donner des indices et de la rétroaction à l'apprenant, adopter des stratégies de *scaffolding*, feedback, faire du modelage de comportements, rappeler les consignes et définir de nouvelles tâches pour amener la performance de l'étudiant proche de celle de l'expert. Le rôle de facilitateur est similaire à celui de *coach* mais les buts ici ne sont pas fixés par l'enseignant. L'enseignant évalue la compréhension des étudiants, exprimée dans leur discours et dans leur carte.

Les recherches sur le partage d'expertise montrent qu'il faut encourager l'interaction à double sens entre l'expert et le novice, de manière à permettre au novice de poser des questions et de recevoir une rétroaction de l'expert.

### **3.2.3 Les facteurs reliés à l'environnement organisationnel global**

La plupart des applications des cartes des connaissances en contexte organisationnel recourent à une forme de co-modélisation. Les modalités de construction de la carte de connaissances changent en fonction du but de la construction, comme nous le présentions à la section 2.3.2. et en fonction de facteurs situationnels divers tels que la culture organisationnelle, l'inscription de l'activité de co-modélisation dans les stratégies organisationnelles de gestion des connaissances, de formation ou de gestion stratégique, la disponibilité des technologies appropriées, l'attitude des employés envers ces technologies, la présence d'un animateur, etc. Si les modalités situationnelles, c'est-à-dire celles qui sont reliées à la mise en place des situations particulières de co-modélisation ont commencé à être explorées (par exemple, Shaw, 2003), notre recension des écrits ne nous a pas permis d'identifier des études se rapportant à l'impact des facteurs organisationnels globaux sur la co-modélisation. Néanmoins, nous pouvons avancer l'hypothèse que ceux-ci seront semblables aux facteurs organisationnels reliés au partage d'expertise, mentionnés dans la section 1.4.2.3 :

- le degré de compétition (individuelle ou de groupe) existant dans l'organisation;
- l'influence de la hiérarchie;
- le sentiment de confiance et de sécurité des employés vis-à-vis de l'organisation;
- les façons de faire circuler les connaissances (formelles ou informelles);
- l'existence d'incitatifs (marques de reconnaissance, récompenses, temps de dégagement, etc.).

## Conclusion

À la lumière de la synthèse des travaux présentés dans ce rapport, nous pouvons conclure que la mise en place d'activités de co-modélisation des connaissances par des experts et des novices regroupés en dyades ou triades s'avère une avenue prometteuse pour favoriser le transfert d'expertise dans une organisation, et ce, de par sa nature collaborative et de par l'instrumentation sur laquelle elle s'appuie. Il est permis de penser que la co-modélisation des connaissances, fondée à la fois sur la communication sociale et l'usage d'un langage verbo-graphique, pourrait contrer plusieurs difficultés liées à la nature tacite d'une partie des connaissances expertes, qui fait qu'elles sont difficilement accessibles et verbalisables par les experts eux-mêmes.

Rappelons d'abord les avantages liés à la nature collaborative de l'activité de co-modélisation des connaissances. Nous avons décrit cette activité comme une activité de *co-construction de connaissances* et, à ce titre, elle se situe dans le droit fil des conceptions constructivistes et « situées » de l'explicitation de l'expertise, selon lesquelles l'expertise est une « création » et qui proposent que les connaissances expertes sont (re)créées durant l'interaction d'un individu avec l'expert. Cette approche permet de prendre en compte aussi bien les médiations culturelles et sociales de l'expertise que le caractère personnel des construits cognitifs de l'expert. Dans une perspective globale de gestion des connaissances, on peut dire qu'il s'agit d'une approche « centrée sur le processus », c'est-à-dire une approche qui mise avant tout sur le processus de communication sociale :

The process-centred approach mainly understands KM as a social communication process. In this approach, knowledge is tied to the person who developed it and is shared mainly through person-to-person contacts. The main purpose of Information Technology in this approach is to help people communicate knowledge, not to store it. This approach is also referred to as the 'personalisation' approach. (Apostolou, Mentzas, Young, & Abecker, 2000, p. 2).

Cette approche se distingue d'une approche « centrée sur le produit » qui met l'accent sur la création, l'archivage et la réutilisation de documents de manière à constituer une « mémoire » de l'organisation (Apostolou, *et al.*, 2000). La stratégie de modélisation des connaissances proposée laisse néanmoins des traces (les cartes co-produites) qui pourraient être éventuellement versées dans un système informatisé de gestion de connaissances : les cartes pourraient alors être consultées, réutilisées, adaptées, commentées, etc., ceci dans le but de partager l'expertise à une échelle plus large dans l'organisation. En ce sens, il est intéressant de noter que la stratégie de co-modélisation, bien que d'abord centrée sur le processus de transfert d'expertise, est également compatible avec une approche centrée sur le produit. Mais nous nous limitons ici à discuter de son utilité en tant qu'approche centrée sur le processus, qui vise avant tout le transfert d'expertise par contact direct entre des personnes.

Comme on l'a vu, l'interaction sociale constitue en soi une situation propice à l'apprentissage. Une activité de modélisation des connaissances par des experts en collaboration avec des novices : (1) favoriserait le développement de règles internes chez le novice ayant l'occasion d'observer un expert en situation d'explicitation de ses connaissances; (2) serait susceptible de faire émerger des conflits sociocognitifs favorables à l'apprentissage chez le sujet novice; (3) permettrait à ce dernier d'intérioriser les processus d'autorégulation déployés ouvertement par le sujet expert au cours des séances de co-modélisation et (4) l'amènerait à participer activement au discours et aux pratiques de sa communauté professionnelle immédiate. En outre, l'activité s'effectuant selon des



modalités assimilées au tutorat individualisé, elle permettrait au novice de bénéficier d'un diagnostic personnalisé de ses erreurs et de conseils sur les façons d'y remédier. On peut donc supposer qu'elle permet de maximiser les occasions pour le novice de recevoir un feedback informatif sur ses conceptions du domaine. Enfin, la situation de co-modélisation constitue un lieu propice à la réflexion sur l'action : elle permet l'émergence de questions qu'il n'est souvent pas possible de formuler ou de poser dans « le feu de l'action ».

Nous avons rapporté plusieurs recherches menées en milieu éducatif qui démontrent qu'effectivement, l'activité de construction de cartes de connaissances en contexte collectif a des effets positifs sur l'apprentissage. Cependant, bien que la carte de connaissances ait été utilisée à diverses fins en contexte organisationnel, aucune recherche n'a évalué spécifiquement les effets de l'élaboration conjointe de cartes de connaissances par des experts et des novices sur le transfert d'expertise dans une organisation. Il s'agit là d'une piste de recherche qui nous semble devoir être explorée. Outre les effets de l'activité, il conviendrait d'étudier également le processus de co-construction afin de mieux comprendre la dynamique qui s'installe entre l'expert et le novice ainsi que les interactions qui sont le plus susceptibles de contribuer à l'atteinte du but visé : amener le novice à progresser le long du chemin vers l'expertise. Les questions liées au choix des experts et aux modalités de jumelage en fonction de diverses variables (degré d'asymétrie de l'expertise; âge; sexe; etc.) ont été également peu étudiées à ce jour.

Par ailleurs, la situation de co-modélisation des connaissances implique une médiation instrumentale qui, on l'a vu, présente plusieurs avantages. Pour l'expert, un métalangage tel que celui proposé dans l'outil *MOT* pourrait constituer un moyen d'externaliser ses connaissances d'une manière qui soit plus appropriée aux capacités de représentation des novices, ce qui permettrait de pallier les difficultés éprouvées par les experts à situer leurs explications à la portée des novices. Le fait d'utiliser un autre langage que le langage verbal habituel pour communiquer son modèle mental pourrait permettre à l'expert et au novice de trouver un terrain commun pour négocier des significations et en arriver à une compréhension commune d'une situation. De plus, une représentation verbo-graphique qui permet de schématiser un ensemble de connaissances expertes largement tacites en mettant en évidence leurs types et leurs liens pourrait favoriser, chez l'expert, la déconstruction d'ensembles de connaissances « encapsulées » (i.e. de ses schémas mentaux). L'outil *MOT* présente, en outre, l'avantage de distinguer clairement les connaissances déclaratives, procédurales et stratégiques contenues dans ces schémas. Le novice disposerait ainsi d'une vue d'ensemble cohérente et structurée d'un ensemble de connaissances reliées à son domaine d'intervention.

Différentes questions liées à l'usage de cartes de connaissances et d'un outil de représentation verbo-graphique tel que *MOT* pour favoriser le transfert d'expertise restent néanmoins à être étudiées davantage. Par exemple, le système de représentation proposé dans cet outil est-il approprié à tous les domaines? Permet-il de représenter vraiment une diversité de structures de connaissances qui peuvent être, comme on l'a vu, organisées en script temporel, en schéma causal, en carte conceptuelle, etc.? Est-il préférable d'imposer l'usage des typologies de connaissances et de liens aux individus? De plus, on peut se demander quelle devrait être l'ampleur et la nature de l'entraînement au langage de modélisation à offrir aux individus qui s'adonneront à la co-modélisation des connaissances, de manière à leur garantir une liberté d'expression suffisante pour représenter les différentes structures de connaissances en fonction de leurs besoins. Comment les amener, en particulier, à relier les connaissances de manière signifiante et utile, exercice reconnu comme étant difficile par plusieurs chercheurs? Et comment

des variables individuelles telles que les habiletés spatiales ou verbales ou le style cognitif viennent-elles moduler l'efficacité de l'activité de modélisation? Autant de questions qui nécessitent la poursuite de recherches dans le domaine.

Enfin, les défis que pose l'implantation d'une telle stratégie dans une organisation demandent à être mieux cernés. Par exemple, il faut mieux comprendre comment motiver les experts à partager leurs connaissances. Il faut aussi mieux cerner comment la stratégie peut s'inscrire dans l'ensemble des autres activités de gestion de connaissances de l'organisation.

Notre survol des travaux reliés à la problématique de l'activité de co-modélisation des connaissances dans une perspective globale de transfert d'expertise dans une organisation indique qu'il s'agit d'un domaine de recherche et de pratique extrêmement riche et en pleine effervescence. En témoigne la tenue d'un premier colloque international sur les cartes conceptuelles qui aura lieu en Espagne en septembre 2004 et auquel participeront tant des praticiens (éducateurs et gestionnaires) que des chercheurs, dont plusieurs chercheurs réputés dans le domaine, tels que Joseph Novak et Alberto Canas.<sup>41</sup> Les thématiques qui seront abordées à ce colloque montrent que les questions qui ont été abordées dans ce rapport rejoignent les préoccupations de nombreux praticiens et chercheurs à l'échelle internationale: «*facilitation of learning; eliciting, capturing, archiving, and using "expert" knowledge; knowledge management; (...) collaborative knowledge modeling; (...) and administrative planning and monitoring* ».

---

<sup>41</sup> Des informations sur ce colloque intitulé CMC 2004 (*First International Conference on Concept Mapping*) sont disponibles dans Internet à l'adresse : <http://cmc.ihmc.us/>

## Références

- Abrami, P. C., Chambers, B., Poursen, C., De Simone, C., d'Apollonia, S., & Howden, J. (1996). *L'apprentissage coopératif: Théories, méthodes et activités*. Montréal: Éditions de la Chenelière.
- Ackermann, F., & Eden, C. (2001a). Contrasting Single User and Networked Group Decision Support Systems. *Group Decision and Negotiation*, 10(1), 47-66.
- Ackermann, F., & Eden, C. (2001b). SODA and Mapping in Practice (The Principles). In J. Mingers (Ed.), *Rational Analysis in a Problematic World* (pp. 21-41). Chichester (Angleterre): Wiley.
- Ackermann, F., Eden, C., & Cropper, S. (2003). *Cognitive mapping: Getting Started with Cognitive Mapping*. [En ligne: <http://www.banxia.com/depaper.html>]. Accès: 15 septembre 2003.
- Adam, M. (1999). *Les schémas: Un langage transdisciplinaire*. Paris/Montréal: L'Harmattan.
- Adelson, B. (1984). When novices surpass experts : The difficulty of a task may increase with expertise. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 10, 483-495.
- Agnew, N. M., Ford, K. M., & Hayes, P. J. (1997). Expertise in context: personally constructed, socially selected and reality-relevant ? In P. J. Feltovich, K. M. Ford & R. Hoffman (Eds.), *Expertise in context. Human and machine*. (pp. 219-243). Menlo Park, CA/Cambridge, MA: AAAI Press/ The MIT Press.
- Allen, V. L. (Ed.). (1976). *Children as teachers: Theory and research on tutoring*. New York: Academic Press.
- Alpert, S. R., & Grueneberg, K. (2000). Concept mapping with multimedia on the web. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 9(4), 313-331.
- Alpert, S. R., & Grueneberg, K. (2001). Multimedia in concept maps: A design rationale and web-based application. In *Proceedings of ED-MEDIA 2001*: AACE.
- Amalberti, R., & Deblon, F. (1992). Cognitive modelling of fighter aircraft's process control: a step towards an intelligent onboard assistance system. *International Journal of Man-Machine Studies*, 36, 639-671.
- Anderson, J. R. (1976). *Language, memory and thought*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Anderson, J. R. (1983). *The architecture of cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Anderson-Inman, L., Ditson, L. S., & Ditson, M.T. (1998). *Computer-based concept mapping: Promoting meaningful learning in science for students with disabilities*. [En ligne: <http://www.rit.edu/~easi/itd/itdv05n1-2/article2.html>]. Accès: 29 août 2002.
- Anderson-Inman, L., & Ditson, L. (1999). Computer-based concept mapping: A tool for negotiating meaning. *Learning & Leading with technology*, 26(8).
- Anderson-Inman, L., & Zeitz, L. (1993). Computer-based concept mapping: Active studying for active learners. *Learning & Leading with technology*, 26(8).

Apostolou, D., Mentzas, G., Young, R., & Abecker, A. (2000). *Consolidating the product versus process approaches in knowledge management: The Know-net approach*. Paper presented at the Conference Practical Application of Knowledge Management (PAKeM 2000) - April 12-14, 2000, Manchester, UK.

Appelt, W. (2003). *The Synergia system for computer supported collaborative learning*. Paper presented at the ED-MEDIA 2003, Honolulu.

Arthus, I. (1997). Détermination des besoins en information: Proposition d'une méthodologie utilisant les cartes cognitives pour aider les managers à déterminer leurs informations décisionnelles.

Arthus, I., & Rodhain, F. (1999). Cartographie cognitive et besoins en information dans les situations mal structurées. *Actes du 4e colloque de l'AIM* (Association Information et Management), Cegy, 26-28 mai (pp. 91-101). Paris.

Ault, C. R. J. (1985). Concept mapping as a study strategy in earth science. *Journal of College Science Teaching*, 15, 38-44.

Ausubel, D. (1968). *Educational Psychology: A cognitive view*. New York: Rhinehart & Winston.

Ayersman, D. J., & von Minden, A. (1995). Individual differences, computers, and instruction. *Computers in Human Behavior*, 11(3-4), 371-390.

Balmisse, G. (2003). *Knowledge management et outils informatiques*. [En ligne: [http://www.knowledgeconsult.com/publications/KC\\_KM\\_Outils\\_V1.pdf](http://www.knowledgeconsult.com/publications/KC_KM_Outils_V1.pdf)]. Accès: 15 octobre 2003.

Bandura, A. (1977). *Social learning theory*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.

Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action: A social cognitive theory*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Barnier, G. (1989). L'effet-tuteur dans des situations mettant en jeu des rapports spatiaux chez des enfants de 7-8 ans en interactions dyadiques avec des pairs de 6-7 ans. *European Journal of Psychology of Education*, IV(3), 385-399.

Barnier, G. (2000). *L'apprentissage coopérant : recherches expérimentales et dispositifs scolaires*. [En ligne: <http://www.aix-mrs.iufm.fr/recherche/colloque/mrs2000/colloque/resumes/barnier.html>].

Basque, J. (sous presse). Le transfert d'apprentissage : Qu'en pensent les "contextualistes" ? In S. Presseau & M. Frenay (Eds.), *Le transfert des apprentissages: Comprendre pour mieux intervenir*. Québec: Presses de l'Université Laval.

Basque, J., & Pudelko, B. (2003). Using a concept mapping software as a knowledge construction tool in a graduate online course. In D. Lassner & C. McNaught (Eds.), *Proceedings of ED-MEDIA 2003, World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications, Honolulu, June 23-28, 2003* (pp. 2268-2264). Norfolk, VA: AACE.

Basque, J., Pudelko, B., Girard, J., & Rogozan, D. (2003). La co-construction de cartes conceptuelles: Une activité de téléapprentissage favorisant les interactions métacognitives? Paper presented at the ACFAS 2003, Rimouski (Québec).

Basque, J., Pudelko, B., Legros, D. (2003a). *Une expérience de construction de cartes conceptuelles dans un contexte de téléapprentissage universitaire*. Dans C. Desmoulins, P.

- Marquet et D. Bouhineau (éds), Actes de la Conférence EIAH 2003, Strasbourg, 15-17 avril, (pp. 413-420). Paris: ATIEF/INRP.
- Benner, P. (1995). *De novice à expert : excellence en soins infirmiers* (L. Ovion, Trans.). Paris et Saint Laurent( Québec): InterEditions et ERPI.
- Bishop, A., Clarke, B., & Ocean, J. (2002). *Highly Accomplished Teaching In Mathematics*. Paper presented at the The Mathematical Association of Victoria, Melbourne, Australie.
- Bisseret, A. (1995). Représentation et décision experte. Psychologie cognitive de la décision chez les aiguilleurs du ciel. Toulouse: Octarès.
- Bitner, B. L. (1996). *Interactions between Hemisphericity and Learning Type, and Concept Mapping Attributes of Preservice and Inservice Teachers*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, St.-Louis, MO.
- Bloom, B. S. (1969). *Taxonomie des objectifs pédagogiques* (M. Lavallée, Trans. Publ. orig. 1956 ed.). Montréal: Éducation Nouvelle.
- Bourgeois, É., & Nizet, J. (1999). *Apprentissage et formation des adultes* (2 ed.). Paris: Presses universitaires de France.
- Brixhe, D. (1999). Construction d'un savoir dans l'interaction tutorielle: vers le concept d'un nombre négatif. In M. Gilly, J.-P. Roux & A. Trognon (Eds.), *Apprendre dans l'interaction*. (pp. 201-218). Nancy: Presses Universitaires de Nancy et Publications de l'Université de Provence.
- Busch, P. A., & Richards, D. (2001). *Mapping tacit knowledge flows within organisation X*. [En ligne: <http://www.comp.mq.edu.au/~richards/#publications>]. Accès: 12 septembre 2003.
- Camerer, C., Loewenstein, G., & Weber, M. (1989). The curse of knowledge in economic settings : an experimental analysis. *Journal of Political Economy*, 97, 1232-1254.
- Camerer, C. F., & Johnson, E. J. (1991). The process-performance paradox in expert judgment: how can the experts know so much and predict so badly ? In K. A. Ericsson & J. Smith (Eds.), *Toward a general theory of expertise: prospects and limits*. (pp. 195-217). Cambridge: Cambridge University Press.
- Campbell, R. L., & Di Bello, L. (1996). Studying human expertise: beyond the binary paradigm. *Journal of Experimental and Theoretical Artificial Intelligence.*, 8, 277-291.
- Canas, A., Ford, K. M., Novak, J. D., Hayes, P., Reichnerzer, T. R., & Suri, N. (2001). Online concept maps : enhancing collaborative learning by using technology with concept maps. *Science Teacher*, 68(4), 49-51.
- Canas, A., Hill, G., & Lott, J. (2003). *Support for constructing knowledge models in Cmap tools*, 7 novembre 2003
- Cañas, A. J., Leake, D. B., & Wilson, D. C. (1999). Managing, Mapping, and Manipulating Conceptual Knowledge. In *AAAI Workshop Technical Report WS-99-10: Exploring the Synergies of Knowledge Management & Case-Based Reasoning*, . Menlo, CA: AAAI Press,.
- Canas, A. J., Suri, N., Sanchez, C., Gallo, M., & Brenes, S. (2003). *Synchronous collaboration in Cmap tools*. Retrieved 7 novembre 2003
- Canas, A. J., Valerio, A., Lalinde-Pulido, J., Carvalho, M., & Arguedas, M. (2003, October 2003). *Using WordNet for word sense disambiguation to support concept map construction*.

Paper presented at the SPIRE 2003 - 10th international Symposium on String Processing and Information Retrieval, Manaus, Brazil.

Carlson, R. A. (1997). Expertise, skill, and everyday action. In *Experienced Cognition*. (pp. 242-263). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Caron, J. (1995). *Signification, interprétation et contexte*. Paper presented at the Cinquième École d'Été de L'Association pour la Recherche Cognitive, vol. C Les rôles du contexte et de la situation dans la cognition.

Caverni, J. P. (1988). Psychologie de l'expertise : éléments d'introduction. *Psychologie Française*, 33(3), 114-125.

Chang, K.-E., Sung, Y.-T., & Chen, I.-D. (2002). The effect of concept mapping to enhance text comprehension and summarization. *The Journal of Experimental Education*, 7(1), 15-23.

Chang, K. E., Sung, Y. T., & Chen, S. F. (2001). Learning through computer-based concept mapping with scaffolding aid. *Journal of Computer Assisted Learning*, 17, 21-33.

Charlebois, M. (2002). Enjeux démographiques à l'échelle de l'entreprise. L'expérience d'Hydro-Québec. In F. Lamonde (Ed.), *La gestion des âges. Face à face avec un nouveau profil de main-d'oeuvre* (pp. 19-24). Sainte-Foy, Québec: Les Presses de l'Université Laval.

Chase, W. F., & Simon, H. A. (1973). Perception in chess. *Cognitive Psychology*, 4, 271-280.

Chi, M. T. H., Feltovitch, P. J., & Glaser, R. (1981). Categorisation and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, 5, 121-152.

Chi, M. T. H., Glaser, R., & Farr, M. J. (1988). *The Nature of Expertise*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Chi, M. T. H., Glaser, R., & Rees, E. (1982). Expertise in problem solving. In R. Sternberg (Ed.), *Advances in the psychology of human intelligence* (pp. 7-75). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Chiu, C.-H., Huang, C.-C., & Chang, W.-T. (2000). The evaluation and influence of interaction in network supported collaborative concept mapping. *Computers & Education*, 34, 17-25.

Chung, G. K., O'Neil, H. F. J., & Herl, H. E. (1999). The use of computer-based collaborative knowledge mapping to measure team processes and team outcomes. *Computers in Human Behavior*, 15(3-4), 463-494.

Clark, H. (1992). *Arenas of language use*. Chicago: University of Chicago Press.

Clark, H. (1996). *Using language*. Cambridge: Cambridge University Press.

Clark, H. H., & Wilkes-Gibbs, D. (1986). Referring as a collaborative process. *Cognition*, 22, 1-39.

Coffey, J. W., & Hoffman, R. R. (2003). Knowledge modeling for the perservation of institutional memory. *Journal of Knowledge Management*, 7(3), 38-52.

Coffey, J. W., Hoffman, R. R., Canas, A. J., & Ford, K. M. (2002). *A concept map-based knowledge modelilng approach to expert knowledge sharing*. [En ligne: from <http://www.coginst.uwf.edu/users/acanas/Publications/IKS2002/IKS.htm> ]. Accès: 9 septembre 2003.



- Cohen, J. (1986). Theoretical considerations of peer tutoring. *Psychology in the Schools*, 23(175-186).
- Collins, A. M., & Loftus, E. F. (1975). A spreading activation theory of semantic processing. *Psychological Review*, 82, 407-428.
- Cossette, P. (1994a). *Cartes cognitives et organisations*. Québec: Eska.
- Cossette, P. (1994b). La carte cognitive idiosyncrasique. Étude exploratoire des schèmes personnels de propriétaires-dirigeants de PME. In P. Cossette (Ed.), *Cartes cognitives et organisations* (pp. 169-225). Montréal: Presses de l'Université de Laval / Les éditions de l'ADREG.
- Dansereau, D. F., & Holley, C. D. (1982). Development and evaluation of a text mapping strategy. In A. Flammer & W. Kintsch (Eds.), *Discourse Processing*.
- Davenport, T. H., & Prusak, L. (1998). *Working knowledge : how organizations manage what they know*. Boston: Harvard Business School Press.
- de Groot, A. D. (1965). *Thought and choice in chess*. The Hague: Mouton.
- de Jong, T., & van der Hulst, A. (2002). The effects of graphical overviews on knowledge acquisition in hypertext. *Journal of Computer Assisted Learning*, 18(2), 219-231.
- De Simone, C., Schmid, R. F., & McEven, L. A. (http). *Supporting the learning process with collaborative concept mapping using computer-based communication tools and processes*. [En ligne: [http://evnet-ntl.mcmaster.ca/network/workingpapers/Ere\\_Schmid/Schmid.htm](http://evnet-ntl.mcmaster.ca/network/workingpapers/Ere_Schmid/Schmid.htm)]. Accès: 1<sup>er</sup> août 2001.
- Di Bello, L. (1996). Providing multiple "ways in" to expertise for learners with different backgrounds; when it works and what it suggests about adult cognitive development. *Journal of Experimental and Theoretical Artificial Intelligence.*, 8, 229-257.
- Dillenbourg, P., Baker, M., Blaye, A., & O'Malley, C. (1995). The evolution of research on collaborative learning. In P. Reimann & H. Spada (Eds.), *Learning in Humans and Machines: Towards an Interdisciplinary Learning Science* (pp. 189-211). Oxford: Elsevier Sciences Ltd.
- Ditson, L. A., Kessler, R., & Anderson-Inman, L. (2001). *Concept-Mapping Companion* (2<sup>e</sup> éd.). Eugene, OR: ISTE (International Society for Technology in Education).
- Doane, S. M., Pellegrino, J. W., & Klatzky, R. L. (1990). Expertise in computer operating system : conceptualization and performance. *Human-Computer Interaction*, 5, 267-304.
- Doise, W., & Mugny, G. (1981). *Le développement social de l'intelligence*. Paris: InterÉditions.
- Doise, W., & Mugny, G. (1991). *Psychologie sociale du développement cognitif* (2 ed.). Berne: Peter Lang.
- Dreyfus, H. L. (1997). Intuitive, deliberative, and calculative models of expert performance. In G. Klein (Ed.), *Naturalistic Decision Making* (pp. 17-27). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Publishers.
- Dreyfus, H. L., & Dreyfus, S. E. (1986). *Mind over machine : the power of human experience in the era of the computer*. New York: The Free Press, Macmillan.
- Duncan, J., Williams, P., & Brown, I. (1991). Components of driving skill: Experience does not mean expertise. *Ergonomics.*, 34, 919-937.

- Eden, C. (1988). Cognitive mapping: a review. *European Journal of Operational Research Society*, 36, 1-13.
- Eden, C., & Ackermann, F. (1998). *Making strategy : The Journey of Strategic Management*: Sage.
- Eden, C., & Banville, C. (1994). Construction d'une vision stratégique au moyen de la cartographie cognitive assistée par ordinateur. In P. Cossette (Ed.), *Cartes cognitives et organisations* (pp. 125-166). Montréal: Presses de l'Université de Laval / Les éditions de l'ADREG.
- Eden, C., Jones, S., & Sims, D. (1979). *Thinking in organizations*. London: Macmillan.
- Eraut, M., & du Boulay, B. (2001). *Developing the Attributes of Medical Professional Judgement and Competence*. Great Britain: Postregistration Medical and Dental Education Research Initiative of the Department of Health's Policy Research Programme.
- Ericsson, K., & Lehmann, A. (1996). Expert and exceptional performance: Evidence of maximal adaptation to task constraints. *Annual Review of Psychology*, 47, 273-305.
- Ericsson, K., & Simon, H. A. (1980). Verbal reports as data. *Psychological Review*, 87(215-251).
- Ericsson, K. A., & Charness, N. (1994). Expert performance: Its structure and acquisition. *American Psychologist*, 49(3), 725-747.
- Ericsson, K. A., & Charness, N. (1997). Cognitive and developmental factors in expert performance. In R. R. Hoffman (Ed.), *Expertise in context. Human and machine*. (pp. 3-41). Menlo Park, CA / Cambridge, MA: AAAI Press / MIT Press.
- Ericsson, K. A., Krampe, R. T., & Tesch-Römer, C. (1993). The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. *Psychological Review*, 100(3), 363-406.
- Faletti, J., & Fisher, K. M. (1996). The information in relations in biology, or the unexamined relation is not worth having. In K. M. Fisher & M. R. Kibby (Eds.), *Knowledge acquisition, organization, and use in biology* (pp. 182-205). Berlin: Springer.
- Feltovich, P. J., Spiro, R. J., & Coulson, R. L. (1997). Issues of expert flexibility in contexts characterized by complexity and change. In R. R. Hoffman (Ed.), *Expertise in context. Human and machine*. (pp. 125-146). Menlo Park, CA / Cambridge, MA: AAAI Press / MIT Press.
- Ferry, B., Hedberg, J., & Harper, B. (1997). How do preservice teachers use concept maps to organise their curriculum content knowledge ? Paper presented at the ASCILITE'97.
- Fischer, F., & Mandl, H. (2000). *Construction of shared knowledge in face-to-face and computer-mediated cooperation*. Paper presented at the AERA Annual Meeting, New Orleans, LA.
- Fischer, F., & Mandl, H. (2001). Facilitating the construction of shared knowledge with graphical representation tools in face-to-face and computer-mediated scenarios. Paper presented at the Euro CSCL, Maastricht.
- Fisher, K. M. (1990). Semantic networking : The new kid on the block. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(10), 1001-1018.



- Fisher, K. M. (2000a). Overview of Knowledge mapping. In K. M. Fisher, J. H. Wandersee & D. E. Moody (Eds.), *Mapping biology knowledge* (pp. 5-23). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Fisher, K. M. (2000b). SemNet® Semantic Networking. In K. M. Fisher, J. H. Wandersee & D. E. Moody (Eds.), *Mapping biology knowledge* (pp. 143-165). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Fortin, C., & Rousseau, R. (1989). *Psychologie cognitive: Une approche de traitement de l'information*. Sillery, Qué. Presses de l'Université du Québec.
- Gagné, R. M. (1972). Domains of learning. *Interchange*, 3, 1-8.
- Gagné, R. M. (1976). *Les principes fondamentaux de l'apprentissage*. Montréal: Les Éditions HRW Ltée.
- Gaines, B. R., & Shaw, M. L. G. (1995a). *Collaboration through concepts maps*. [En ligne: <http://ksi.cpsc.ucalgary.ca/articles/CSCL95CM.htm>]. Accès: 2 septembre 2000.
- Gaines, B. R., & Shaw, M. L. G. (1995b). Concepts maps as hypermedia components. *International Journal of Human-Computer Studies*, 43, 323-361.
- Gilly, M. (1988). La fonction sociale des outils cognitifs. Montréal: CIRADE.
- Gilly, M. (1990). Mécanismes psychosociaux des constructions cognitives: Perspectives de recherche à l'âge scolaire. In G. Netchine-Grynberg (Ed.), *Développement et fonctionnement cognitifs chez l'enfant* (pp. 201-222). Paris: Presses Universitaires de France.
- Gilly, M., Fraisse, J., & Roux, J.-P. (1988). Résolution de problèmes en dyades et progrès cognitifs chez des enfants de 11 à 13 ans: Dynamiques interactives et mécanismes socio-cognitifs. In A.-N. Perret-Clermont & M. Nicolet (Eds.), *Interagir et connaître: Enjeux et régulations sociales dans le développement cognitif* (pp. 73-92). Fribourg: Delval.
- Gilly, M., Roux, J.-P., & Trognon, A. (1999). *Apprendre dans l'interaction*. Nancy: Presses universitaires de Nancy.
- Glaser, R. (1986). On the nature of expertise. In H. Hagendorf (Ed.), *Human memory and cognitive capabilities : mechanisms and performances* (pp. 915-928). North Holland: Elsevier Science.
- Glaser, R. (1987). Thoughts on expertise. In K. W. Schaie (Ed.), *Cognitive functions and social structure of the life course* (pp. 81-94). Norwood, NJ: Ablex.
- Gordon, S. E. (1996). Eliciting and representing biology knowledge with conceptual graph structures. In K. M. Fisher & M. R. Kibby (Eds.), *Knowledge acquisition, organization, and use in biology (NATO ASI Series F, Vol. 148)* (pp. 135-154). New York: Springer Verlag.
- Gordon, C. A. (2000). *The effects of concept mapping on the searching behavior of tenth-grade students*. [En ligne: [http://www.ala.org/aasl/SLMR/vol3/mapping\\_mappingmain.html](http://www.ala.org/aasl/SLMR/vol3/mapping_mappingmain.html) ]. (Accès: 20 mai 2002).
- Greeno, J. G., Collins, A. M., & Resnick, L. B. (1996). Cognition and learning. In D. C. Berliner & R. C. Calfee (Eds.), *Handbook of Educational Psychology* (pp. 15-46). New York: Macmillan.

- Groen, G. J., & Patel, V. L. (1988). The relationship between comprehension and reasoning in medical expertise. In M. J. Farr (Ed.), *The nature of expertise* (pp. 287-310). Hillsdale, J: Lawrence Erlbaum Associates.
- Grundstein, M. (2002). *Gameth: un cadre directeur pour repérer les connaissances cruciales pour l'entreprise*. (research report No. 09). Nogent-sur-Marne, France: MG Conseil et Laboratoire LAMSADE, Université de Paris-Dauphine.
- Hansen, M. T. (1999). The search-transfer problem: The role of weak ties in sharing knowledge across organization subunits. *Administrative Science Quarterly*, 44, 82-111.
- Hassebrock, F., & Pretula, M. (1990). *Autobiographical memory in medical problem solving*. Paper presented at the American Educational Research Association Meeting, Boston, MA.
- Hinds, P. (1999). The curse of expertise : the effects of expertise and debiasing methods on predictions of novice performance. *Journal of Experimental Psychology : Applied*, 5, 205-221.
- Hinds, P. J., Patterson, M., & Pfeffer, J. (2001). Bothered by Abstraction: The effect of expertise on knowledge transfer and subsequent novice performance. *Journal of Applied Psychology*, 86(6), 1232-1243.
- Hinds, P. J., & Pfeffer, J. (2003). Why organizations don't " know what they know " : Cognitive and motivational factors affecting the transfer of expertise. In M. S. Ackerman, V. Pipek & V. Wulf (Eds.), *Sharing expertise* (pp. 3-26). Cambridge, MA & London, England: The MIT Press.
- Ho, W. (1999). *The effect of concept mapping on learner's metacognitive skills in problem solving*. Paper presented at the PAECT 1999 Annual Conference, Scranton, PENN.
- Hoc, J. M. (1987). *Psychologie cognitive de la planification*. Grenoble: Presses Universitaires de Grenoble.
- Hoc, J. M. (1988). Prise de conscience et planification. In J. M. Hoc & P. Mendelsohn (Eds.), *Les langages informatiques dans l'enseignement, Psychologie Française*. Paris: Armand Colin.
- Hoc, J. M., & Amalberti, R. (1994). Diagnostic et prise de décisions dans les situations dynamiques. *Psychologie française*, 177-192.
- Holley, C. D., & Dansereau, D. F. (1984). Networking: The technique and the empirical evidence. In C. D. Holley & D. F. Dansereau (Eds.), *Spatial learning strategies: Techniques, applications and related issues* (pp. 81-108). Orlando: Academic Press.
- Hollingshead, A., Fulk, J., & Monge, P. (2002). Fostering Intranet Knowledge-Sharing : an integration of transactive memory and public goods approaches. In P. Hinds & S. Kiesler (Eds.), *Distributed Work*. Cambridge MA: MIT Press.
- Holyoak, K. J. (1991). Symbolic connectionism: toward third-generation theories of expertise. In J. Smith (Ed.), *Toward a general theory of expertise. Prospects and limits*. (pp. 301-335). Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- 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.

- Hrimech, M. (1998). Le développement de l'expertise chez l'adulte: rôles de la motivation, de la métacognition et de l'autorégulation. In C. Solar (Ed.), *Apprentissage et développement des adultes* (pp. 233-273). Montréal: Les Éditions Logiques.
- Huai, H. (1997). Concept Mapping in Learning Biology: Theoretical Review on Cognitive and Learning Styles. *Journal of Interactive Learning Research*, 8(3/4), 325-340.
- Hudelot, C. (1999). Étayage langagier de l'enseignant dans le dialogue maître-élève. In M. Gilly, J.-P. Roux & A. Trognon (Eds.), *Apprendre dans l'interaction*. (pp. 219-240). Nancy: Presses Universitaires de Nancy et Publications de l'Université de Provence.
- Hughes, G., & Hay, D. (2001). Use of concept mapping to integrate the different perspectives of designers and other stakeholders in the development of e-learning materials. *British Journal of Educational Technology*, 32(5), 557-569.
- Jacobs-Lawson, J. M., & Hershey, D. A. (2002). Concept maps as an assessment tool in psychology courses. *Teaching of psychology*, 29(1), 25-29.
- Jegede, O. J., Alaiyemola, F. F., & Okebougola, P. A. O. (1990). The effect of concept mapping on students anxiety and achievement in biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(10), 951-960.
- Jo, I.-H. (2001). The effects of concept mapping on college students' comprehension of expository text. Florida State University.
- Jo, I.-H. (http). The effects of different concept mapping techniques on college-level writing. *Educational Technology International*, 3(1).
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1999). Learning together and alone: Cooperative, competitive, and individualistic learning (5 ed.). Boston: Allyn & Bacon.
- Johnson, D. W., Johnson, R. T., & Stanne, M. B. (2000). *Cooperative learning methods: A meta-analysis*. Retrieved 12.12.00
- Johnson, E. J. (1988). Expertise and decision under uncertainty : performance and process. In M. J. Farr (Ed.), *The nature of expertise*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Jonassen, D. H. (1998). Operationalizing mental models: Strategies for assessing mental models to support meaningful learning and design - Supportive learning environments: <http://3oncvx1.roc.wayne.edu/maier/it/jonassen.htm>.
- Jonassen, D. H. (2000). *Computers as mindtools for schools: Engaging critical thinking* (2 ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Jonassen, D. H., & Marra, R. M. (1994). Concept mapping and other formalisms as mindtools for representing knowledge. *Association for Learning Technology Journal*, 2(1), 50-56.
- Kaminski, C. W. (2002). *Formative Use of Select-and-Fill-In Concept Maps in Online Instruction: Implications for Students of Different Learning Styles*. Paper presented at the Proceedings of the Annual International Conference of the Association for the Education of Teachers in Science, Charlotte, NC.
- Kealy, W. A. (2001). Knowledge maps and their use in computer-based collaborative learning environments. *Journal of Educational Computing Research*, 25(4), 325-349.
- Kelly, G. A. (1955). *The psychology of personal constructs: A theory of personality*. New York: Norton.

- Kelly, G. A. (1963). *A theory of personality*. New York: Norton.
- Koedinger, K. R., & Anderson, J. R. (1990). Abstract planning and perceptual chunks : elements of expertise in geometry. *Cognitive Science*, *14*, 511-550.
- Kremer, R. (1996). *Toward a Multi-User, Programmable Web Concept Mapping "Shell" to Handle Multiple Formalisms*. [En ligne: <http://ksi.cpsc.ucalgary.ca/KAW/KAW96/kremer/kremer.html>]. Accès: 18 septembre 2003.
- Kremer, R. (1997). *A Concept Mapping Tool to Handle Multiple Formalisms*. [En ligne: [http://ksi.cpsc.ucalgary.ca/AIKM97/kremer/AIKM97\\_kremer.html](http://ksi.cpsc.ucalgary.ca/AIKM97/kremer/AIKM97_kremer.html)]. Accès: 18 septembre 2003
- LaFrance, M. (1997). Metaphors for expertise. In R. R. Hoffman (Ed.), *Expertise in context. Human and machine*. (pp. 163-180). Menlo Park, CA / Cambridge, MA: AAAI Press / MIT Press.
- Langer, E. J., & Imber, L. G. (1979). When practice makes imperfect : debilitating effects of overlearning. *Journal of Personality and Social Psychology*, *37*, 2014-2024.
- Larkin, J. H., McDermott, R., Simon, D. P., & Simon, H. A. (1980). Models of competence in solving physics problems. *Cognitive Science*, *4*(317-345).
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. New York: Cambridge University Press.
- Lavoie, D. R. (1997, 21-24 march 1997). *Using a modified concept mapping strategy to identify students' alternative scientific understandings of biology*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Chicago, Illinois.
- Lecoeuvre, L., & Verstraete, T. (1998). *Créativité et PME : exemple de déploiement d'une méthode combinant groupe nominal et cartographie*. Paper presented at the Congrès international francophone sur la PME, Metz-Nancy, France.
- Legrain, P., & d'Arripe-Longueville, F. (2000). Effet-tuteur et acquisition d'habiletés motrices complexes: Conséquences motivationnelles et comportementales de l'exercice d'un tutorat spontané. Paper presented at the Congrès International de la SFPS, Paris.
- Lipshitz, R., & Shaul, O. B. (1997). Schemata and Mental Models in recognition-primed decision making. In G. Klein (Ed.), *Naturalistic Decision Making* (pp. 293-303). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Publishers.
- 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*(1), 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*, *35*(9), 1015-1029.
- Martin, B. L., Mintzes, J. J., & Clavijo, I. E. (2000). Restructuring knowledge in biology: cognitive processes and metacognitive reflections. *International Journal of Science Education*, *22*(3), 303-323.
- McAleese, R. (1998). *Coming to know: The role of concept map - mirror, assistant, master?* Paper presented at the Euroconference, University of Aveiro, Portugal.

- McCarthy, B., & Germain, C. S. (1993a). *Hemispheric mode indicator (hmi)*. Barrington, IL: Excel Inc.
- McCarthy, B., & Germain, C. S. (1993b). *Learning type measure*. Barrington, IL: Excel Inc.
- 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.
- McKay, J. (1998). Using cognitive mapping to achieve shared understanding in information requirements determination. *Australian Computer Journal*, 30(4), 139-145.
- Mead, G. H. (1934/1974). *Mind, self, and society from the standpoint of a social behaviorist*. Chicago: Chicago University Press.
- Merrill, D. M. (1983). Component display theory. In C. M. Reigeluth (Ed.), *Instructional-design theories and models: An overview of their current status* (pp. 279-333). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Mieg, H. A. (Ed.). (2001). *The Social Psychology of Expertise: Case Studies in Research, Professional Domains, and Expert Roles*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Montazemi, A. R., & Conrath, D. W. (1986). The use of cognitive mapping for information requirements analysis. *MIS Quarterly*, 10(1), 45-56.
- Moody, D. E. (2000). The paradox of the textbook. In K. M. Fisher, J. H. Wandersee & D. E. Moody (Eds.), *Mapping biology knowledge* (pp. 167-184). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Mugny, G., Perret-Clermont, A., & Doise, W. (1981). Interpersonal coordinations and sociological differences in the construction of the intellect. In G. M. Stephenson & J. H. Davis (Eds.), *Progress in Applied Social Psychology, Vol I* (pp. 315-343). New York: Wiley.
- Murtonen, M., & Merenluoto, K. (2001). *Novices' and experts' knowledge on statistics and research methodology*. Paper presented at the Proceedings of the 25th PME conference 2001.
- Murtonen, M., & Merenluoto, K. (2002). *Concept maps in conceptual change studies - a methodological perspective*. Paper presented at the 3th European Symposium on Conceptual Change. A Process Approach to Conceptual Change, June 26-28, 2002, Turku, Finland.
- Newell, A. (1973). Production systems : models of controle structures. In W. F. Chase (Ed.), *Visual information processing*. New York: Academic Press.
- Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1995). *The knowledge creating company : How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*: Oxford University Press.
- Novak, J. D. (1998). *Learning, creating and using knowledge*. Mahwah, NJ: LEA.
- Novak, J. D. (http). *The theory underlying concept maps and how to construct them*. [En ligne: <http://cmap.coginst.uwf.edu/info/printer.html>].
- Novak, J. D. et al. (1981). The use of concept mapping and Gowin's "V" mapping instructional strategies in junior high school science. The Cornell University "Learning how to learn" project (No. Document ERIC ED200-437): Cornell University.
- Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1984). *Learning how to learn*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Novak, J. D., Gowin, D. W., & 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.
- Odom, A. L., & Kelly, P. V. (2001). Integrating concept mapping and the learning cycle to teach diffusion and osmosis to high school biology students. *Science Education*, 85(615-635).
- O'Donnell, A. M., Dansereau, D. F., & Hall, R. H. (2002). Knowledge maps as scaffolds for cognitive processing. *Educational Psychology Review*, 14(1), 71-86.
- Okebukola, P. A., & Jegede, O. J. (1988). Cognitive preference and learning mode as determinants of meaningful learning through concept mapping. *Science Education*, 72(4), 489-500.
- Ormerod, T. C., Fritz, C. O., & Ridgway, J. (1999, August 19-21). *From deep to superficial categorization with increasing expertise*. Paper presented at the 21st Annual Conference of the Cognitive Science Society, Vancouver, BC, Canada,.
- 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 No. 507). Los Angeles: CRESST/ University of California.
- Oughton, J. M., & Reed, W. M. (1999). The influence of learner differences on the construction of hypermedia concepts: a case study. *Computers in Human Behavior*, 15, 11-50.
- Oughton, J. M., & Reed, W. M. (2000). The effect of hypermedia knowledge and learning style on student-centered concept maps about hypermedia. *Journal of Research on Computing in Education*, 32(3), 366-382.
- Paquette, G. (2002a). *L'ingénierie pédagogique*. Sainte-Foy (Québec): Presses de l'Université du Québec.
- Paquette, G. (2002b). *Modélisation des connaissances et des compétences*. Sainte-Foy (Québec): Presses de l'Université du Québec.
- Pask, G. (1976). Styles and Strategies of Learning. *British Journal of Educational Psychology*, 46, 128-148.
- Patel, V. L., & Groen, G. J. (1991). The general and specific nature of medical expertise: a critical look. In J. Smith (Ed.), *Toward a general theory of expertise* (pp. 93-125). Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Patel, V. L., Groen, G. J., & Frederiksen, C. H. (1986). Differences between medical-students and doctors in memory for clinical cases. *Medical Education*, 20(1), 3-9.
- Perret-Clermont, A.-N., & Brossard, A. (1988). L'intrication des processus cognitifs et sociaux dans les interactions. In R. A. Hinde, A.-N. Perret-Clermont & J. Stevenson-Hinde (Eds.), *Relations interpersonnelles et développement des savoirs* (pp. 442-465). Fribourg: Delval.
- Platteaux, H. (1999). *Quels outils de navigation pour les CD-ROMs de vulgarisation?*, Université de Genève, Genève.
- Pudelko, B., Basque, J., & Legros, D. (2002). Les cartes des connaissances : une aide à la construction des connaissances. In D. Legros (Ed.), *Étude des effets des systèmes et des outils multimédias sur la lecture, la compréhension, la production de texte et la construction des*

*connaissances. Implications sur l'apprentissage et l'enseignement* (pp. 178-220). Paris: Ministère de la Recherche.

Quillian, M. R. (1969). The teachable language comprehender: A simulation program and theory of language. *Communications of the Association for Computing Machinery*, 12, 459-476.

Reader, W. R., & Hammond, N. (1994a). A comparison of structured and unstructured knowledge mapping tools in psychology teaching. In *Proceedings of CiP 94*. New York.

Reader, W., & Hammond, N. (1994b). Computer-based tools to support learning from hypertext: Concept mapping tools and beyond. *Computer Education*, 22(1-2), 99-106.

Reed, W. M., & Oughton, J. M. (1998). The effects of hypermedia knowledge and learning style on the construction of group concept maps. *Computers in Human Behavior*, 14(1), 1-22.

Reinhard, P., Hesse, F. W., Hron, A., & Picard, E. (1997). Manipulable graphics for computer-supported problem solving. *Journal of Computer Assisted Learning*, 13, 148-162.

Richard, J. F. (1995). Les activités mentales. Comprendre, raisonner, trouver des solutions. (2 ed.). Paris: Armand Colin.

Rodhain, F. (1997). La construction et la confrontation des représentations: Le cas des besoins en information - Proposition d'une méthode fondée sur la cartographie cognitive. Thèse de doctorat, Université de Montpellier.

Rogoff, B. (1990). Apprenticeship in thinking: Cognitive development in social context. New York: Oxford University Press.

Roth, W., & Roychoudhury, A. (1993). The concept map as a tool for the collaborative construction of knowledge: A microanalysis of high school physics students. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(5), 503-554.

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.

Roth, W.-M., & Roychoudhury, A. (1994). Science discourse through collaborative concept mapping: new perspectives for the teacher. *International Journal of Science Education*, 16(4), 437-455.

Ruggles, R. (1998). The state of the notion : Knowledge Management in practi. *California Management Review*, 40(3), 80-89.

Salomon, G., & Perkins, D. N. (1998). Individual and social aspects of learning. *Review of research in education*, 23.

Salthouse, T. A. (1991). Expertise as the circumvention of human processing limitations. In K. Ericsson & J. Smith (Eds.), *Toward a general theory of expertise. Prospects and limits* (pp. 286-300). Cambridge, MA: Cambridge University Press.

Scardamalia, M., & Bereiter, C. (1991). Literate expertise. In J. Smith (Ed.), *Toward a general theory of expertise. Prospects and limits*. (pp. 172-194). Cambridge, MA: Cambridge University Press.

Schmidt, H. G., & Boshuizen, H. P. A. (1993). On acquiring expertise in medicine. *Educational Psychology Review*, 5(3), 205-221.



- Schmidt, H. G., Norman, G. R., & Boshuizen, H. P. A. (1990). A cognitive perspective on medical expertise: Theory and implications. *Academic Medicine*, 65, 611-621.
- Schunk, D. H. (1987). Peer models and children's behavioral change. *Review of Educational Research*, 57, 149-174.
- Serfaty, D., MacMillan, J., Entin, E. E., & Entin, E. B. (1997). The decision-making expertise of battle commanders. In G. Klein (Ed.), *Naturalistic Decision Making* (pp. 233-246). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Publishers.
- Shanteau, J. (2001). What does it mean when experts disagree ? In G. Klein (Ed.), *Linking expertise and naturalistic decision making*. Mahwah, Nj: Lawrence Erlbaum Associates.
- Shaw, D. (2002). *Structuring electronic causal maps during group workshops*- Aston Business School Working Paper (No. RP0211). Birmingham, UK.
- Shaw, D. (2003). Evaluating electronic brainstorming using new techniques to analyse the brainstormed ideas. *Journal of the Operational Research Society*, 54(7), 692 - 705.
- Shaw, D., Ackermann, F., & Eden, C. (2003). Approaches to sharing knowledge in group problem structuring. *Journal of the Operational Research Society*., 54(9), 936-948.
- Sims-Knight, J. E., & Upchurch, R. E. (1998). *The Acquisition of Expertise in Software Engineering Education*. [En ligne: <http://fie.engrng.pitt.edu/fie98/papers/1062.pdf>]. Accès: 23 septembre 2003. R
- Sizmur, S., & Osborne, J. (1997). Learning processes and collaborative concept mapping. *International Journal of Science Education*, 19(10), 1117-1135.
- Slavin, R. E. (1990). *Cooperative learning: Theory, research, and practice*. Boston: Allyn and Bacon.
- Spiegel, G. F., & Barufaldi, J. P. (1994). The effects of a combination of text structure awareness and graphic postorganizers on recall and retention of science of knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(9), 913-932.
- Stein, E. W. (1997). A look at expertise from a social perspective. In P. J. Feltovich, K. M. Ford & R. Hoffman (Eds.), *Expertise in context. Human and machine*. (pp. 181-193). Menlo Park, CA/Cambridge, MA: AAAI Press/ The MIT Press.
- Stensvold, M. S., & Wilson, J. T. (1990). The Interaction of Verbal Ability with Concept Mapping in Learning from a Chemistry Laboratory Activity. *Science Education*, 74(4), 473-480.
- Sternberg, R. J. (1995). *In search of the human mind*. Ft. Worth, TX: Harcourt Brace.
- Sternberg, R. (1997). Cognitive conceptions of expertise. In R. R. Hoffman (Ed.), *Expertise in context. Human and machine*. (pp. 149-162). Menlo Park, CA / Cambridge, MA: AAAI Press / MIT Press.
- Sternberg, R. (1999). What do we know about tacit knowledge ? Making the tacit become explicit. In J. A. Horvath (Ed.), *Tacit knowledge in professional practice* (pp. 231-236). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- 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.



- Stoyanova, N., & Kommers, P. (2001, 22-24 mars). Learning effectiveness of concept mapping in a computer supported collaborative problem solving design. Paper presented at the EURO-CSCL 2000, Maastricht.
- Stoyanova, N., & Kommers, P. (2002). Concept mapping as a medium of shared cognition in computer-supported collaborative problem solving. *Journal of Interactive Learning Research*, 13(1/2), 111-133.
- Sturm, J. M., & Rankin-Erickson, J. L. (2002). Effects of hand-drawn and computer-generated concept mapping on the expository writing of middle school students with learning disabilities. *Learning disabilities Research & Practice*, 17(2), 124-139.
- Suchman, L. A. (1988). Representing practice in cognitive science. *Human Studies*, 11, 305-326.
- Suthers, D. D., Girardeau, L. E., & Hundhausen, C. D. (2002). *The roles of representation in online collaborations*. Paper presented at the AERA 2002, New Orleans.
- Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and Instruction*, 4, 295-312.
- Szulanski, G. (1996). Exploring internal stickiness : impediments to the transfer of best practice within firms. *Strategic Management Journal*, 17, 27-43.
- Tan, S. C. (2000). The effects of incorporating concept mapping into computer-assisted instruction. *Journal of Educational Computing Research*, 23(2), 112-113-131.
- Tergan, S.-O. (2003). Managing knowledge with computer-based mapping tools. In D. Lassner & C. Mc Naught (Eds.), *Proceedings of the ED-Media 2003 World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunication, Honolulu*, (pp. 12514-12517). Norfolk, VA: Association for the advancement of computing in education.
- Trochim, W. M. K. (2002). *Concept Mapping for Organizational Creativity*. [En ligne: [http://www.conceptsystems.com/mapping\\_organizational\\_creativity.htm](http://www.conceptsystems.com/mapping_organizational_creativity.htm)]. Accès: 10 septembre 2003.
- Trognon, A. (1993). How does the process of interaction work when two interlocutors try to resolve a logical problem ? *Cognition and Instruction*, 11(3-4), 325-345.
- Trognon, A., & Kostulski, K. (1998). *Communications interactives dans les groupes de travail*. Nancy: Presses Universitaires de Nancy.
- Tsai, C.-C. (2000). Enhancing science instruction : the use of 'conflict maps'. *International Journal of Science Education*, 22(3), 285-302.
- Valkeavaara, T. (1999). Sailing in calm waters doesn't teach": Constructing expertise through problems in work - the case of Finnish human resource developers. *Studies in Continuing Education*, 21(2), 177-196.
- van Boxtel, C., van der Linden, J., & Kanselaar, G. (2000). Collaborative learning tasks and the elaboration of conceptual knowledge. *Learning and instruction*, 10, 311-330.
- van Boxtel, C., & Veerman, A. (2001). Diagram-mediated collaborative learning diagrams as tools to provoke and support elaboration and argumentation. Paper presented at the Euro CSCL, Maastricht.

- Visser, W., & Falzon, P. (1992/3). Catégorisation et types d'expertise: Une étude empirique dans le domaine de la conception industrielle. *Intellectica*, 15, 27-53.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological process*. Cambridge: Harvard University Press.
- 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.
- Wandersee, J. (1992). *A standard format for concept maps*. Paper presented at the National Convention of the National Science Teachers Association, Boston.
- Wandersee, J. H. (2000). Using concept mapping as a knowledge mapping tool. In K. M. Fisher, J. H. Wandersee & D. E. Moody (Eds.), *Mapping biology knowledge* (pp. 127-142). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Weil-Barais, A. (Ed.). (1993). *L'homme cognitif*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Wilson, T., & Schooler, J. (1991). Thinking too much : introspection can reduce the quality of preferences and decisions. *Journal of Personality and Social Psychology*, 60, 181-192.
- Witkin, H., Oltman, P., Raskin, E., & Karp, S. (1971). *A manual for the embedded figures test*. Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press.
- Zeitz, C. M. (1994). Expert-novice differences in memory, abstraction and reasoning in the domain of literature. *Cognition and Instruction*, 12(4), 277-312.
- Zeitz, C. M. (1997). Some concrete advantages of abstraction: how experts' representations facilitate reasoning. In R. R. Hoffman (Ed.), *Expertise in context. Human and machine*. (pp. 43-65). Menlo Park, CA / Cambridge, MA: AAAI Press / MIT Press.
- Zsombok, C., & Klein, G. (1997). *Naturalistic decision making*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Toute reproduction, par quelque procédé que ce soit, est interdite sans l'autorisation du titulaire des droits. Une telle autorisation peut être obtenue en communiquant avec la Télé-université au 455, rue de l'Église, C.P. 4800, Succ. Terminus, Québec, G1K 9H5, (télécopieur 418-657-2094).

© Josianne Basque et Béatrice Pudelko, 2004

ISBN 2-7624-4515-9

Dépôt légal - 3<sup>e</sup> trimestre 2004  
Bibliothèque nationale du Canada  
Bibliothèque nationale du Québec