

LES CARTES DE CONCEPTS DANS LA RECHERCHE COGNITIVE SUR L'APPRENTISSAGE ET L'ENSEIGNEMENT

François V. Tochon

Originellement et par définition, une carte de concepts est une représentation sémantique de la mémoire déclarative (mémoire factuelle de stockage du long terme), en sciences cognitives.

La définition se complique dès lors que l'on tient compte de la multiplicité et de l'évolution des recherches. Les types de représentations ne sont pas étanches dans tous les modèles ; de plus, une confusion naît de l'usage des cartes de concepts dans quantité de domaines, qui s'est établi largement au-delà des frontières des modèles déclaratifs (il arrive par exemple que les modes de procéduralisation de systèmes de production soit cartographiés, d'où l'émergence de cartes de concepts procédurales, théoriquement hérétiques). A cet égard, Dionne (1990) propose de considérer la carte de concepts comme un outil descriptif, utilisé dans différents secteurs, soit en termes de représentation

Repères bibliographiques

Perspectives documentaires en éducation, n° 21, 1990

déclarative, soit en termes de système procédural, sans que ces différents usages soient forcément incompatibles.

Étant donné les risques de confusion entre domaines utilisant les cartes de concepts à des fins différentes, nous définirons très largement la cartographie conceptuelle comme un graphisme sémantique visant la description ou la prescription en termes d'apprentissage, d'enseignement ou de communication. L'éducation peut être envisagée dans la construction et la reconstruction de structures (Dupont, 1989), la carte de concepts permettant d'étudier les modèles mentaux d'apprenants (Holland, Holyak, Nisbett et Thagard, 1989), l'efficacité des stratégies d'enseignement (Alvermann, 1986) ou d'affiner les stratégies d'abstraction des chercheurs eux-mêmes. Par exemple, l'organisation verbale en mémoire peut être analysée en termes de proximité sémantique des concepts, les résultats de telles recherches élargissant la connaissance de l'apprentissage, permettant d'affiner les modèles de recherche et d'améliorer éventuellement l'enseignement.

L'apprentissage correspond probablement à l'acquisition de représentations internes de structures externes dont l'organisation en mémoire est l'un des problèmes cruciaux de la psychologie cognitive. La cartographie des structures cognitives a pour but d'obtenir des informations structurales sur les représentations sémantiques internes ; secondairement, elle peut servir à transmettre ces informations structurales. Dans les deux approches (en apprentissage ou en enseignement), la structure relationnelle entre concepts génériques paraît plus importante que la structure particulière de chaque représentation interne (Preece, 1978). Le terme "carte" semble ainsi approprié dans la description de réseaux relationnels dont les liens importent plus que les constituants des noeuds.

Nous distinguons ci-après trois orientations dans l'utilisation des cartes : a) les cartes créées par l'apprenant/e ; b) les cartes créées par l'enseignant/e ; c) l'usage des cartes dans la recherche.

A) Cartes créées par l'apprenant/e (novice ou étudiant/e)

La création de cartes par les étudiants ou élèves accroît probablement la rétention des informations structurales d'une matière. Cette activité de synthèse semble aider l'apprentissage, tout spécialement pour les élèves

en difficulté. La connaissance de la structure du contenu serait ainsi un important véhicule des contenus à apprendre (Holley et Dansereau, 1984). Il n'est cependant pas toujours facile d'enseigner à créer une carte de concepts ; certaines méthodes de cartographie sont d'un maniement plus facile que d'autres, c'est le cas des techniques proposées par Hanf (1971), par T. Anderson (1979), par Buzan (1982) et par Novak et Gowin (1984), parfois regroupées sous le terme de "toiles d'araignées" parce que chaque concept est situé sur une ligne en un réseau concentrique. Nous les présentons ci-dessous.

Hanf (1971) suggère d'utiliser les organisateurs graphiques dans la prise de notes, la planification de projets et le brainstorming, ces activités étant également visées par les autres auteurs précités. Pour faire sa carte, en lecture par exemple, l'élève localise l'idée centrale du texte puis les catégories de sens secondaires, à l'appui de la thèse principale. Il ou elle connecte ensuite les idées à l'aide d'embranchement ; la carte est habituellement concentrique, l'idée principale se trouvant au centre. Cette technique met en évidence le contenu structural d'un texte plutôt que d'une matière ; elle peut servir de guide de compréhension en lecture, son but est de saisir l'organisation textuelle et non la relation de contenus entre eux. T. Anderson (1979) part du même processus graphique, mais il insiste sur la description des relations entre idées au sein d'un sujet. Il nomme ainsi le lien relationnel entre concepts, qui peut particulariser un exemple, une propriété ou caractéristique, une relation d'identité ou de grandeur, de temporalité, de cause ou d'incompatibilité ; il distingue également les concepts et les définitions. Dans cette même ligne, Buzan (1982) développe tout un système de formation valable tant du point de vue scolaire qu'au plan professionnel pour des adultes ; ce système s'institue "schématisation heuristique".

La schématisation heuristique peut être employée comme technique de synthèse de données, en vue de retenir les éléments essentiels d'un discours, ou comme technique de production dans la planification créative des actions. Dans la prise de notes "classique", selon Buzan, 90% du temps serait perdu à relever des mots inutiles puis à les relire. De plus, les mots superflus qui séparent deux mots-clefs interfèreraient dans leur connexion et donc dans le pouvoir explicatif des notes déjà prises. La réactivation des données serait facilitée par la mise en évidence des mots-clefs et de leurs liens.

T. Anderson et Tony Buzan recommandent d'employer le graphisme conceptuel après l'instruction pour accroître la rétention ; toutefois la rareté des recherches empiriques dans ce domaine interdit de confirmer

ou de réfuter cet argument qui reste, à l'heure actuelle, un présupposé. D'autres stratégies ont été proposées par toute une série de chercheurs dont les travaux sont regroupés dans la banque de données ERIC sous le dénominateur concept maps, depuis le début des années 1980 ; nombreux sont ceux qui se réfèrent à la théorie de l'apprentissage d'Ausubel (1968).

Joseph Novak part de l'idée que l'apprentissage conduit à modifier le sens même de l'expérience humaine ; il tente dans cette ligne d'aider les individus à réfléchir sur l'expérience en construisant son organisation de façon significative à l'aide de cartes de concepts. Il intègre pour ce faire l'affectif et le cognitif, et propose de relier la connaissance au vécu pour favoriser la croissance personnelle. Cette préoccupation se retrouve dans les consignes permettant d'introduire des élèves à la cartographie conceptuelle (Novak et Gowin, 1984, pp.25 à 34) : l'enseignant/e procède à partir des images mentales, par associations, pour distinguer les objets et les événements, puis demande d'intégrer au réseau déjà commencé certains termes peu familiers. En inscrivant les concepts au tableau noir, l'enseignant/e propose alors de repérer des termes de liaison (le, sont, quand, que, alors) puis de construire de brèves phrases de trois mots, un terme de liaison unissant deux concepts. L'enseignant/e introduit alors le graphisme en montrant comment lier les concepts, comment les hiérarchiser et nommer les liens. Dans la technique de Novak, le sommet hiérarchique de la carte de concepts est en haut de la feuille.

Le présupposé sur lequel se fondent les approches précitées de la cartographie conceptuelle est sa valeur pré- ou post-instructionnelle dans l'organisation et la rétention des connaissances. Les élèves ou étudiants créent leur carte lors de la prise de notes, en lecture ou lors de l'écoute d'un exposé, ils organisent leur pensée sur un sujet d'apprentissage et facilitent ainsi la production de connexions nouvelles entre différents savoirs. Certaines recherches empiriques portent à penser que les cartes de concepts facilitent le transfert d'apprentissage et la résolution de problèmes (Novak, Gowin et Johanse, 1983). Toutefois, l'usage des cartes par des élèves est difficile. La formation à la cartographie dure souvent des heures avant d'acquérir quelque efficacité ; la plupart du temps, les élèves (et parfois leurs enseignants voire les formateurs) mélangent plusieurs types de liens (conceptuels, propositionnels, procéduraux, cause-effet, factuels, etc.) ; du même coup, il leur est difficile de lire la carte d'un pair. La cartographie de domaines complexes peut être longue et excessivement difficile pour de nombreux élèves (Camperell et Reeves, 1982).

Plusieurs techniques de cartographie ont été enseignées à différents niveaux de la scolarité obligatoire (voir par exemple, Pehrsson et Robinson, 1985 ; Bean, Sorter, Singer et Frazee, 1986) ou postsecondaire (Holley et Dansereau, 1984). Certaines expériences portent sur des populations particulières : élèves malentendants (Long et Addersley, 1984) ; élèves en difficulté (Hagen-Heimlich et Pittelman, 1984 ; Sinatra, Berg et Dunn, 1985). La cartographie étudiante peut servir d'outil d'évaluation et permet de mettre en évidence les défauts de compréhension en les localisant précisément grâce aux liens erronés ou aux concepts non pertinents (Brumby, 1983). Elle a été utilisée tant avec du matériel narratif (Idol-Maestas et Croll, 1985) qu'avec des textes expositifs (Dansereau, Collins, McDonald et al., 1979). Dansereau (1989) fait état de quelques recherches dans ce domaine ayant démontré l'utilité des cartes de concepts construites par les élèves ; celles-ci permettent de :

- faciliter l'acquisition du vocabulaire, avant et après la lecture ;
- examiner les structures cognitives des élèves à la suite d'un enseignement traditionnel ;
- susciter et améliorer la discussion de groupe dans un domaine de connaissances ;
- améliorer l'apprentissage de textes ;
- faciliter l'intégration de l'information à partir de textes diversifiés ;
- améliorer les techniques d'écriture et de planification ;
- élever le niveau de représentation des problèmes ;

Cependant, West (1985) rapporte plusieurs résultats de recherches négatifs : West, Fensham et Garrard (1982) ont relevé des effets minimes à la suite de l'usage de cartes de concepts en chimie ; rien ne différenciait le groupe expérimental du groupe de contrôle. De même, Gurley (1982) ne trouve aucune différence notable dans les tests de performances entre deux groupes en classe de biologie à la suite de deux semestres de cours. Novak (1985) semble indiquer que les techniques de méta-apprentissage comme la cartographie conceptuelle peuvent être enseignées à l'école primaire dès les premiers degrés après une formation relativement rapide, toutefois il n'apporte aucun indice d'une amélioration des résultats scolaires aux tests standardisés, dont il remet d'ailleurs la valeur en question, ceux-ci ne traitant selon lui que la "connaissance de surface".

Références concernant les cartes faites par l'apprenant/e

- Anderson, T.H. (1979). Study skills and learning strategies. In H.F. O'Neil, Jr., et C.D. Spieldberger (Eds), *Cognitive and affective learning strategies*. New York : Academic Press.

- Bean, T.W., Sorter, J., Singer, H., et Frazee, C. (1986). Teaching students how to make predictions about events in history with a graphic organizer plus option guide. *Journal of Reading*, mai, 739-345.
- Buzan, T. (1982). *Une tête bien faite*. Paris : Ed. d'Organisation.
- Camperell, K., et Reeves, C. (1982, octobre). *Effects of training junior college students to use networking techniques to understand and study technical texts*. Article présenté à la 26e Rencontre Annuelle de la College Reading Association, Philadelphie, PA.
- Dansereau, D.F., Collins, K.W., McDonald, B.A., Holley, C.D., Diekhoff, G., et Evans, S.H. (1979). Development and evaluation of an effective learning strategy training program. *Journal of Educational Psychology*, 71, 64-73.
- Gurley, L.I. (1982). *Use of Gowin's vee and concept mapping strategies to teach students responsibility for learning in high school biological sciences*. Thèse doctorale. Ithaca, NY : Cornell University.
- Hagen-Heimlich, J., et Pittelman, S.D. (1984). *Classroom applications of the semantic mapping procedure in reading and writing*. Program Report 84-4. Madison, WI : Wisconsin Center for Education Research, The University of Wisconsin.
- Hanf, M.B. (1971). Mapping : A technique for translating reading into thinking. *Journal of Reading*, 14, 225-230.
- Holley, C.D., et Dansereau, D.F. (1984). *Spatial learning strategies*. New York : Academic Press.
- Idol-Maestas, L., et Croll, V.J. (1985). The effects of training in story mapping procedures on the reading comprehension of poor readers. *Tech. Rep. 352*, Champaign, IL : Centre pour l'Etude de la Lecture.
- Long, G., et Addersley, S. (1984). Networking : Application with hearing-impaired students. In C.D. Holley et D.F. Dansereau (Eds), *Spatial learning strategies*. New York : Academic Press.
- Novak, J.D. (1985). Meta-learning and meta-knowledge strategies to help students learn how to learn. In West, L.H.T., and Pines, A.L. (Eds), *Cognitive structure and conceptual change*. New York : Academic Press.
- Novak, J.D., et Gowin, D.B. (1984). *Learning how to learn*. New York : Cambridge University Press.
- Novak, J.D., Gowin, D.B., et Johanse, G.T. (1983). The use of concept mapping and knowledge vee mapping with junior high school science students. *Science Education*, 67, 625-645.
- Pehrsson, R.S., et Robinson, H.A. (1985). *The semantic organizer approach to writing and reading instruction*. Rockville, MD : Aspen Publication.
- Sinatra, R.C., Berg, D., et Dunn, R. (1985). Semantic mapping improves reading comprehension of learning disabled students. *Teaching Exceptional Children, été*, 310-314.
- West, L.H.T. (1985, avril). *Concept mapping*. Article présenté lors du symposium "Perspectives sur la structure cognitive et le changement conceptuel", au

congrès annuel de l'Association Américaine de Recherche en Education (AERA), Chicago, IL.

- West, L.H.T., Fensham, P.J., et Garrard, J. (1985). Describing the cognitive structure of learners following instruction in chemistry. In L.H.T. West et A.L. Pines (Eds), *Cognitive structure and conceptual change*. New York : Academic Press.

B) Cartes créées par un/e expert ou un/e enseignant/e

Shavelson (1974) indique l'importance des recherches sur les relations entre structures de l'enseignement et structures cognitives acquises par les élèves ; à ce titre, il remarque que la structuration de la matière a un impact sur l'apprentissage, d'où l'idée d'enquêter également sur les cartes de concepts créées par les enseignants.

Dans une direction semblable, Bell (1981) insiste sur la nécessité d'établir dans le plan d'instruction même des moyens de relier les connaissances entre elles. Diekhoff et Diekhoff (1982) proposent une méthode pour aider les enseignants à identifier et à communiquer l'information structurale de leurs cours aux élèves ou étudiants. Leur approche systématique permet la quantification du degré de proximité des concepts du cours et les traduit en une carte de correspondance interprétable comme une matrice de corrélations. Chaque relation peut être alors explicitée, ce qui ne semble pas être l'habitude dans les cours traditionnels. Les séances de révision à partir de cartes de concepts créées par l'enseignant/e améliorent les résultats subséquents des étudiants lors de dissertations, augmentent la fidélité de jugement des étudiants quant aux relations structurales, rapprochent les jugements d'étudiants des jugements d'experts, ces mesures étant validées en termes de compréhension structurale (cf. Moore et Readance, 1984).

Différents chercheurs ont établi des typologies qui traduisent des modes de l'organisation structurale de la connaissance influençant la manière dont les cartes de concepts sont conçues et dont leurs liens sont nommés. On s'est rendu compte depuis quelques années que les principes sur lesquels se fonde la synthèse ou la séquentiation doivent être mieux explicités, d'une part pour accroître la comparabilité entre les recherches et d'autre part pour favoriser une instruction appropriée au type de contenu. Dansereau (1989), par exemple, distingue plusieurs types de liens dans l'élaboration de cartes de synthèse : les liens sé-

mantiques **dynamiques** (x influence y, est proche de, mène à), les liens **statiques** (type, partie, caractéristique) et les liens **instructionnels** (analogie, exemple, commentaire). Les liens peuvent donc être nommés directement sur la carte, à l'aide d'une initiale par exemple, ils peuvent recevoir un modificateur (+, -, ?), être directifs (flèches) ou visuellement différenciés (ondulés, traits), selon que le but de la carte graphique est de guider la quête de relations conceptuelles (création d'idées), de spécifier des relations, de grouper des catégories d'informations ou d'indiquer des voies de procéduralisation (marche à suivre). L'explicitation des types de liens va de paire avec l'utilisation de la carte, en compréhension, en encodage/stockage ou en accès/production.

L'équipe de recherche de Donald Dansereau enquête depuis la fin des années 1970 sur les cartes de concepts. Tout d'abord intéressés par la formation d'étudiants de niveau postsecondaire à la cartographie personnelle comme technique d'apprentissage (Dansereau, Collins, McDonald et al., 1979 ; Dansereau et Holley, 1982), ces chercheurs en viennent à abandonner cette option, malgré des résultats relativement favorables dans la production de résumés de texte de haut niveau, associés à une meilleure rétention différée. Leur insatisfaction naît de la longueur de la formation indispensable et de la qualité très variable des cartes obtenues, même après une formation intensive et prolongée. Ces problèmes ainsi que l'amélioration des possibilités informatiques permettant de créer des cartes expertes à peu de frais entraîne alors ces chercheurs vers une orientation nouvelle : ils précisent et codifient leur système de cartographie et se donnent pour tâche de produire des séries de cartes de concepts dans plusieurs domaines techniques et scientifiques, ces cartes d'experts ayant pour but d'aider l'enseignant/e et de favoriser l'apprentissage.

La production de ces cartes varie en fonction de paramètres comme :

- la grandeur du domaine couvert (du texte de 1500 mots au chapitre entier de statistiques univariées) ;
- le type de matériel traité (structures, fonctions, procédures, concepts) ;
- le niveau d'abstraction (description d'équipement technique, présentation d'abstractions théoriques) ;
- les propriétés configurales (par exemple l'adhésion à des principes gestaltistes).

Leur utilisation récente, toujours au niveau postsecondaire, porte sur le remplacement des textes traditionnels par les cartes, ou par leur appoint à la suite de lectures ou d'exposés. Les variables dépendantes

peuvent être des mesures de mémoire différée, de satisfaction d'emploi ou de procéduralisation (Hall, Dansereau et Skaggs, 1989 ; Rewey, Dansereau, Skaggs, Hall et Pitre, 1989). Dansereau (1989) résume les résultats comme suit :

1) Les étudiants acquièrent une métaconnaissance plus efficace du domaine d'étude après une brève présentation d'une carte (4 minutes) qu'après une lecture du texte dont elle est issue.

2) Les cartes décrivant des processus (par exemple le trajet du système digestif) paraissent plus efficaces que les cartes descriptives de concepts (par exemple la hiérarchie du système rénal). La carte de processus peut réduire le nombre de confusions et de procéduralisations erronées.

3) Les cartes de processus sont en général plus efficaces que leur contrepartie textuelle, notamment du point de vue du contenu structural et des idées-clefs. La rétention des parties de la carte les mieux mises en évidence est meilleure.

4) Il semble que les cartes de concepts puissent inhiber le traitement de photographies reliées au contenu ; le traitement spatial des cartes peut interférer avec le traitement visuel d'images (il paraît important de tenir compte de cet aspect dans la création de manuels).

5) Les étudiants ayant une piètre connaissance antérieure d'un sujet sont ceux qui bénéficient le plus de l'usage de cartes de concepts en cours d'exposé.

6) Les cartes facilitent les interactions coopératives entre étudiants ayant une forte aptitude verbale.

Les cartes d'experts améliorent chez les élèves ou les étudiants non la mémoire du détail mais celle des idées essentielles ; leur niveau d'emploi est corrélé avec l'aptitude verbale mais non avec les mesures d'aptitude au traitement spatial (Hall et al., 1989 ; Skaggs et al., 1988). Leur valeur semble se limiter à certains types de matériaux d'enseignement et affecte alors les tâches subséquentes, comme la résultante soit du transfert d'aptitudes, soit du transfert d'affects positifs (Rewey, Dansereau et Peel, 1989). Leur validité préinstructionnelle (survol préalable de la matière) est suggérée par Skaggs et al. (1989) et Hall et al. (1989), mais elle ne s'applique pas à toutes les conditions d'apprentissage.

En comparaison des approches purement verbales, l'usage des cartes d'experts possède nombre d'avantages, relevés par Dansereau (1989) :

- la carte assiste l'enseignant/e dans la compréhension nuancée de son domaine et l'aide à identifier les secteurs difficiles pour les apprenants (Hawk et McLeod, 1983) ;

- les cartes proposées par l'enseignant/e signalent efficacement la macrostructure et les idées-clefs du domaine étudié (Alvermann, 1986 ; Darch, Carnine et Kameenui, 1986) ;
- les cartes expertes informent l'étudiant/e des connections logiques entre concepts de niveaux différents (Armbruster et Anderson, 1984) ;
- la présentation de cartes amène l'étudiant/e à visualiser ses connaissances au point que les images ainsi créées le/la guident dans le retraitement de propositions verbales (Amlund, Gaffney et Kulhavy, 1985) ;
- l'usage de cartes d'experts peut compenser de faibles aptitudes verbales par l'activation d'aptitudes spatiales dans le processus d'acquisition (Hagen-Heimlich et Pittelman, 1984 ; Pehrsson et Robinson, 1985 ; Sinatra et al., 1985).

Les résultats obtenus dans l'usage des cartes d'experts, bien que globalement positifs, sont souvent mitigés faute, semble-t-il, d'un traitement adéquat, actif et exhaustif, par l'étudiant/e, des informations fournies par la carte. Les stratégies de lecture de carte de concepts, peu habituelles, ne semblent pas routinisées ni intériorisées dans les populations estudiantines étudiées au point qu'une stabilité des résultats permette d'affirmer la validité de cet outil de façon vraiment convaincante. Pour cette raison, Dees et Dansereau (1990) préconisent d'enseigner aux apprenants une stratégie viable de traitement afin d'accroître l'efficacité des cartes, aussi bien dans leur usage à titre de substituts de matériau textuel qu'à titre de compléments aux lectures et exposés propres à un sujet.

Un usage de la carte d'enseignement est d'aider la planification des cours ; cet emploi, préconisé par Buzan (1982) et par Novak et Gowin (1984) est systématisé par Tochon (1989) dans un "Guide de l'improvisation bien planifiée" à l'usage des enseignants en formation ; la carte de concepts est utilisée alors pour noter le contenu structural des leçons à donner afin de se libérer du contenu didactique et de favoriser la relation pédagogique.

Références concernant les cartes créées par l'expert ou l'enseignant/e

- Amlund, J.T., Gaffney, J., et Kulhavy, R.W. (1985). Map feature content and text recall of good and poor readers. *Journal of Reading Behavior*, 17, 317-330.
- Armbruster, B.B., et Anderson, T.H. (1984). Mapping : Representing informative text diagrammatically. In C.D. Holley et D.F. Dansereau (Eds), *Spatial learning strategies*. New York : Academic Press.

- Bell, M.E. (1981). A systematic instructional design strategy derived from information-processing theory. *Educational Technology*, 21, 32-35.
- Dansereau, D.F. (1989, mars). *Knowledge maps : an analysis of spatial/verbal processing*. Article présenté au congrès annuel de l'Association Américaine de Recherche en Education (AERA), San Francisco, CA.
- Dansereau, D.F., et Holley, C.D. (1982). Development and evaluation of a text mapping strategy. In A. Flammer, et W. Kintsch (Eds), *Discourse processing*. Amsterdam : North-Holland Publishing Co.
- Darch, C.B., Carnine, D.W., et Kameenui, E.J. (1986). The role of graphic organizers and social structure in content area instruction. *Journal of Reading Behavior*, 18, 275-295.
- Dees, S.M., et Dansereau, D.F. (1990, avril). *An analysis of the strategic processing of knowledge maps as text supplements and substitutes*. Article présenté au congrès annuel de l'Association Américaine de Recherche en Education (AERA), Boston, MA.
- Hall, R.H., Dansereau, D.F., et Skaggs, L.P. (1989, avril). *Knowledge maps and the presentation of related information domains*. Article présenté au congrès annuel de l'Association Américaine de Recherche en Education (AERA), San Francisco, CA.
- Hawk, P.P., et McLeod, N.P. (1983). Graphic organizer : An effective teaching method. *Middle School Journal*, avril, 35-47.
- Moore, D.W., et Readance, J.E. (1984). A quantitative and qualitative review of graphic organizer research. *Journal of Educational Research*, 78, 11-17.
- Rewey, K.L., Dansereau, D.F., et Peel, J.L. (1989, avril). *Knowledge maps and information processing strategies*. Article présenté au congrès annuel de l'Association Américaine de Recherche en Education (AERA), San Francisco, CA.
- Rewey, K.L., Dansereau, D.F., Skaggs, L.P., Hall, R.H., et Pitre, U. (1989). Effects of scripted cooperation and knowledge maps on the processing of technical material. *Journal of Education Psychology*, 81(4), 604-609.
- Shavelson, R.J. (1974). Methods for examining representations of a subject matter structure in a student's memory. *Journal of Research in Science Teaching*, 11, 231-249.
- Skaggs, L.P., Dansereau, D.F., et Hall, R.H. (1988, avril). *The effects of learning scripts on initial learning and transfer*. Article présenté au congrès annuel de l'Association Américaine de Psychologie du Sud-Ouest (SPA), Tulsa, OK.
- Tochon, F.V. (1989). *Guide de l'improvisation bien planifiée - Réflexion sur l'image*. Winnipeg, MB : CUSB, University of Manitoba.

C) L'usage des cartes de concepts dans la recherche

Nous développons ici quelques procédures utilisées en recherche dans le traitement spatio-verbal des cartes de concepts. Margaret Brumby (1983), par exemple, s'adresse à 32 étudiants de médecine (1ère année) en leur exposant juste le sujet : la création de "bébés-éprouvettes". Elle propose aux étudiants d'étudier une carte de concepts sur le transfert d'embryon et la fertilisation in vitro, pendant quelques minutes, avant de leur demander d'expliquer en détail par écrit ce qu'ils ont compris. Elle les avertit qu'il ne s'agit pas d'un test de mémoire et que la carte de concepts restera visible pendant les trente minutes de la rédaction. Il n'est répondu à aucune question. Une fois les rédactions collectées, Brumby fixe les signes de codification pertinents dans l'analyse des résultats :

- <---> comparaison entre deux points non liés sur la carte ;
- + information additionnelle ne figurant pas sur la carte ;
- t référence au temps tel que suggéré sur la carte ;
- x erreur - affirmation biologiquement inadéquate.

Les descriptions d'étudiants sont alors analysées phrase après phrase. Le résultat en est une traduction numérique et symbolique des rédactions. La séquence numérique révèle la direction dans laquelle l'étudiant/e a travaillé en lisant la carte et met en évidence les blancs ou points non utilisés. Ainsi, la moitié des étudiants ont divisé la carte en trois parties qu'ils ont traitées successivement, étape par étape. Les informations additionnelles, d'autre part, permettent de mesurer l'intégration de connaissances antérieures ; celle-ci se révèle indépendante de l'ordre de traitement de la carte de concepts.

Barbara Beyerbach (1986 et 1988) développe, dans trois groupes d'enseignants en formation initiale, un consensus sur le vocabulaire technique de la planification de l'enseignement. Les trois formateurs ainsi que les étudiants, individuellement, construisent une carte de concepts sur la planification, au début et à la fin de leurs cours. Ces trois cours sont consécutifs et durent chacun un semestre : 1) Etude de l'enseignement (observation de la vie de la classe), 2) Personnalisation de l'enseignement et de l'apprentissage (différenciation et développement d'une théorie personnelle), 3) Stratégies d'enseignement (réflexion sur les méthodes pédagogiques). Dans chaque cours, les formateurs suivent les directives d'enquête, "scriptées" selon un processus en trois étapes :

a) brainstorming sur les catégories et sous-catégories associées au sujet ;

b) organisation de celles-ci en hiérarchies de concepts à partir du centre de la feuille ;

c) explication de la nature des relations entre concepts sur les lignes de connexion.

Parallèlement, les formateurs sont régulièrement interviewés quant à leurs intentions à l'égard des étudiants et quant à leurs observations relatives aux modifications des cartes (comparaison pré-carte/post-carte). Les analyses portent ensuite sur :

1) le score par item (degré de différenciation, nombre d'éléments discrets des cartes individuelles) ;

2) le score de niveaux (degré d'organisation hiérarchique, soit le nombre le plus élevé d'éléments subordonnés) ;

3) la similarité des scores de groupe (degré de consensus, soit la somme des fréquences de chaque élément conceptuel dans le groupe d'étudiants de chaque cours, divisée par le nombre total des éléments de et pour chaque individu) ;

4) la similarité par rapport aux scores des formateurs (nombre d'éléments des cartes d'étudiants identiques à ceux des cartes de formateurs) ;

5) la similarité des éléments hiérarchiquement supérieurs à celles des formateurs (nombre d'items identiques) ;

6) le contenu des cartes (vocabulaire technique des étudiants).

Ron Hoz et al. (1989) a réuni depuis plusieurs années une équipe de chercheurs qui enquête sur la pensée des enseignants à l'aide de cartes de concepts, reprenant en général le protocole d'enquête ConSAT (Tâche d'Analyse Conceptuelle Structurante) précédemment développé par Novak (1980), et révisé par Champagne et Klopfer (1981) puis par Hoz et al. (1984). Champagne, Hoz et Klopfer (1984) fournissent une comparaison des deux modèles. Le protocole ConSAT comprend six phases :

1) Brève session de formation à l'aide de six concepts usuels pour montrer à l'interviewé/e la procédure et le type de produit attendu.

2) Classement de listes de concepts (familiers/non familiers) ; chaque concept est inscrit sur un petit carton.

3) Définition ou explication de chaque terme familier (celle-ci est notée par l'interviewé/e).

4) Construction d'une carte de concepts familiers en arrangeant spatialement les cartons sur la table, de sorte à révéler leur organisation et leurs rapports mutuels. Lorsque l'interviewé/e est satisfait/e de son arrangement, il/elle le transcrit sur une grande feuille de papier. L'interviewé/e spécifie alors les relations entre les concepts, celles-ci sont notées sur les lignes les unissant ; il/elle doit alors donner un titre à la carte et expliquer la nature des groupements conceptuels interreliés. Il est possible à l'interviewé/e de modifier son arrangement après réflexion.

5) Relecture de la liste de concepts non familiers et ajout sur la carte de concepts de ceux auxquels l'interviewé/e reconnaît maintenant la familiarité avec la structure ainsi créée ; ajout et explicitation des liens. La possibilité est laissée d'ajouter des concepts pertinents n'appartenant pas aux listes susmentionnées (inscrites sur les cartons).

6) Indication, pour chaque paire de concepts de la liste, de la force du lien les unissant, indépendamment de la carte, que le lien figure ou non sur la carte finale obtenue.

Le protocole ConSAT fournit donc des définitions conceptuelles et une carte cognitive ; de plus, une matrice de la force des liens est obtenue, qui peut être comparée à celle d'experts de la discipline (matrice "officielle"). Les mesures issues du protocole ConSAT portent sur les caractéristiques des liens (fréquence, répartition, validité médiane), sur les caractéristiques des regroupements (homogénéité de groupe, soit cohérence des items regroupés dans chaque catégorie et degré de recoupement par rapport à la matrice officielle, par exemple, un "groupe-noyau" possède 80% de liens internes de niveau 2 ; pertinence de la catégorisation), sur les caractéristiques de la carte entière (validité des liens, propres à la connaissance de la discipline sur une échelle ordinaire à quatre niveaux, congruence expert/novice pour les liens à force faible ; conception d'ensemble et structure cartographique), et sur les caractéristiques des concepts individuels (concepts focalisateurs à grand nombre de liens ; signification) (Hoz, 1987). Le protocole ConSAT a une fidélité test-retest satisfaisante et le schéma de classement des paires de concepts (force des liens) possède un accord élevé interjuges (95%) (Elbaz, Hoz, Tower, Chayot et Mahler, 1986). La fidélité du ConSAT a été vérifiée dans certaines disciplines comme la biologie. L'entretien est mené individuellement, il dure une heure environ lorsque l'interviewé/e en fait l'expérience pour la première fois (Mahler, Fischel, Tubaly et Hoz, 1989).

François Tochon (1990b) utilise la carte de concepts dans le processus même d'analyse de recherche, pour mettre en lumière les réseaux

épistémiques dans le corpus de verbalisations rétrospectives. Il s'agit alors pour le chercheur d'entourer dans les interviews dactylographiées les mots-clés appartenant à une métaphore dominante, explicitement mentionnée. L'analyse se déroule en trois étapes :

1) Relevé des mots-clés dans le corpus d'une interview et première esquisse graphique par le chercheur (ce brouillon d'ensemble permet d'avoir une vue générale des concepts évoqués et de les reclasser en catégories).

2) Regroupement des concepts relevés par champs métaphoriques et conception de cartes individuelles ; les métaphores sont mises en évidence à l'aide de croquis d'où partent les concepts, directement notés sur les lignes. Présentation de la carte individuelle à l'interviewé/e pour vérification.

3) Analyse des relations par opposition de mots-clés (repérage des binarités récurrentes dans les entretiens, que les cartes épistémiques ont mises à jour).

Cette technique a l'avantage de traiter les images représentationnelles sans médiatisation verbale, afin de repérer l'organisation épistémologique propre à la pensée de certains enseignants voire propre à certaines disciplines d'enseignement. La manière de connaître des enseignants et leurs convictions sur la nature de la connaissance elle-même apparaissent sur la carte en un réseau d'images interreliées, caractérisées par des ensembles hiérarchisés de concepts nodulaires. La représentation visuelle des images praticiennes s'avère un moyen efficace d'analyse qualitative et de traitement des données verbales quand il s'agit d'éclairer des profils individuels ou les caractéristiques attitudinales d'un petit groupe d'interviewés. Dans ce cas, la modélisation des agrégats interreliés des concepts-clés du discours semble mieux à même de représenter la complexité d'une pensée, parfois exposée en termes contradictoires, que les protocoles de retranscription fréquemment utilisés dans les sciences sociales.

Cependant, cette technique est difficile à quantifier ; Tochon (1990b) suggère quelques modes de quantification des résultats : attribution des mots-clés en termes du temps d'enregistrement, répartition des hiérarchies conceptuelles sur une échelle graduée, coefficient de proximité des concepts. D'autre part, les réserves d'usages doivent être faites quant aux sources de biais du rapport rétrospectif et de ce type de traitement heuristique des données ; pour cette raison, la relecture par l'interviewé/e et la collaboration d'un second chercheur est recommandée. Les avantages

de cette dernière technique semblent : 1) d'être un bon tremplin pour l'interprétation globale ; 2) d'inclure les principes de globalisation et d'aggrégativité propres aux systèmes logiques complexes ; 3) de réduire la parcellisation de l'interprétation en secteurs ; 4) d'être facile à interpréter ; 5) de préciser le réseau épistémique des métaphores filées d'un corpus. Au reste, du point de vue de l'interprétation, le dégagement des grands axes sémantiques d'une carte conceptuelle diffère moins qu'on pourrait le penser de celui d'un tableau statistique d'analyse des correspondances qui exige, lui aussi, la mise en relation d'éléments conceptuels spatialisés, nécessitant pour leur compréhension l'apport conjoint de l'intuition et de la rationalité critique.

Références

- Barth, B.M. (1987). - *L'apprentissage de l'abstraction. Méthodes pour une meilleure réussite à l'école.* - Paris : Retz.
- Beyerbach, B.A. (1986). *Concept mapping as an approach to assessment of students' representation of structural knowledge.* Thèse de doctorat. Syracuse, NY : Syracuse University. (Dissertation Abstract International, 46, 2622A, No DAB524403).
- Beyerbach, B.A. (1988). Developing a technical vocabulary on teacher planning : Preservice teachers' concept maps. *Teaching and Teacher Education*, 4(4), 339-347.
- Brumby, M. (1983). Concept mapping : Structure or process? *Research in Science Education*, 13, 9-17.
- Champagne, A.B., Hoz, R., et Klopfer, L.E. (1984). *Construct validation of the cognitive structure of physics concepts.* Pittsburgh, MI : LRDC, University of Pittsburgh.
- Champagne, A.B., et Klopfer, L.E. (1981). *Using the ConSAT : A memo to teachers.* Pittsburgh, MI : LRDC, University of Pittsburgh.
- Elbaz, F., Hoz, R., Tomer, Y., Chayoth, R., Mahler, S., et Yeheskel, N. (1986). The use of concept mapping in the study of teachers' knowledge structures. In M. Ben-Peretz, R. Bromme, et R. Halkes (Eds), *Advances in the study of teacher thinking.* Lisse : Swets & Zeitlinger.
- Hoz, R. (1987, mars). *Dimensions of teachers' knowledge structures and their identification by concept mapping.* Article présenté au congrès annuel de l'Association Américaine de Recherche en Education (AERA), Washington, DC.
- Hoz, R., Bowman, D., Kozminsky, E., Chayoth, R., et Tomer, Y. (1989). *The use of concept mapping as a tool to diagnose misconceptions in science learning.* Beer-Sheva, Israël : Université Ben-Gurion du Negev.
- Hoz, R., Mahler, S., Yeheskel, N., Tomer, Y., et Elbaz, F. (1984). *Project for the evaluation of teacher education (PETE), Annual Report.* Beer-Sheva, Israël : Université Ben-Gurion du Negev.

- Mahler, S., Fischel, D., Tubaly, E., Hoz, R., et Lernan, O.Z. (1989). *Didactic use of concept mapping in higher education : Applications in medical education*. Jerusalem, Israël : Hadassah University Hospital, Department of General and Pediatric Surgery.
- Novak, J.D. (1980). Learning theory applied to biology classroom. *American Biology Teacher*, 42(5), 280-285.
- Tochon, F.V. (1990b). Heuristic schemata as tools for epistemic analysis of teachers' thinking. *Teaching and Teacher Education*, 6(2), 183-196.

Conclusion

Les cartes de concepts, issues d'une théorisation propre aux sciences cognitives, connaissent un essor considérable depuis une décennie dans plusieurs domaines d'application. Un survol de la littérature, profuse, révèle de nombreux types de cartes que nous avons tenté de regrouper selon quelques dénominateurs communs. Les termes "cartes de concepts" recouvrent quantité de vocables, tels que concept maps, webs ou toiles d'araignées, mind maps ou cartes mentales, réseaux, cartes de connaissances, organisateurs graphiques, cartes épistémiques, cartes cognitives. Le graphisme conceptuel est de plus en plus utilisé, grâce aux moyens technologiques récents, dans l'apprentissage, dans l'enseignement et dans la communication scientifique. Des chercheurs comme Peter Preece, Charles Reigeluth, Joseph Novak, Ron Hoz et Donald Dansereau ont amélioré notablement l'approche théorique de ce domaine en dégageant aussi bien ses avantages essentiels que ses handicaps majeurs.

Malgré leurs nombreux mérites, on connaît maintenant certains défauts des cartes de concepts. Par exemple, la carte de concepts n'enregistre pas la pensée de l'étudiant/e ou de l'élève au moment où il/elle la trace, elle ne témoigne pas de l'ordre mental adopté dans sa construction ; elle représente un produit statique rendant mal compte de la dynamique fluide des structures cognitives et métacognitives, en constante redéfinition par rapport à un sujet donné (Brumby, 1983). Son emploi en guise de substitut de texte nécessite de grandes feuilles parfois difficiles à manier ; leur lecture peut induire l'étudiant/e en erreur et provoquer un traitement aberrant. Mais des solutions peuvent être envisagées pour chacune de ces limitations (Rewey, Dansereau, Skaggs, Dees et Pitre, 1990), celles-ci contribuent à préciser ce domaine et à accroître la comparabilité des résultats. On sait en fait encore très peu quant à la façon dont le traitement d'une carte est opéré par un individu (Pinker, 1985) ; en conséquence, le fondement théorique permettant de systématiser et

d'améliorer la production des cartes est encore faible (Dansereau, 1985). La recherche sur les synthétiseurs graphiques, bien que prometteuse, manque encore de soutiens empiriques. De nombreuses variables de l'instruction (type de contenu, mode de présentation, capacité de l'étudiant/e) peuvent avoir un impact sur la stratégie de synthèse employée, en termes de structure, de fréquence, de temps, de format, de design, etc. (Van Patten et al., 1986). La nature de cet impact doit être précisée dans des recherches ultérieures.

L'état des recherches actuelles sur les cartes de concepts indique leur large potentiel dans l'amélioration de la communication, de l'enseignement et de l'apprentissage, mais la plupart des recherches restent faiblement contrôlées, s'appuient sur le rapport rétrospectif et ne font qu'effleurer des paramètres majeurs comme la présentation du graphisme et les différences de réception interindividuelles. A cet égard, à l'instar de Dansereau, nous estimons urgent de mettre sur pied un programme systématique de recherche fondé sur un grand nombre d'applications pratiques. La variété potentielle des modes de signalisation des noeuds, des liens et des configurations spatiales est sous-exploitée et n'a guère été étudiée systématiquement.

Enfin, le cadre conceptuel dans lequel nous avons abordé ici la cartographie sémantique est la psychologie cognitive ; il ne devrait pas faire oublier cet autre cadre important de développement du graphisme conceptuel qu'est la sémiotique et, plus particulièrement, la pragmatique. Ces cadres se révéleront sans doute des compatibilités voire des complémentarités au cours de la prochaine décennie.

François V. Tochon

Université du Manitoba
Collège Universitaire de
Saint-Boniface

Références de l'introduction et de la conclusion

- Barth, Britt-Mari (1987). *L'apprentissage de l'abstraction : méthodes pour une meilleure réussite à l'école*. Paris, Retz.
- Alvermann, D.E. (1986). Graphic organizers : Cuing devices for comprehending and remembering main ideas. In J.F.
- Baumann (Ed.), *Teaching main idea comprehension* (pp.210-226). Newark, DE : International Reading Association.
- Dansereau, D.F. (1985). Learning strategy research. In J.W. Segal, S.F. Chipman, et R. Glaser (Eds), *Thinking and learning skills : Vol.1, Relating instruction to research*. Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum.

- Dionne, J.P. (1990). *A mental model approach to concept mapping*. Ottawa, ON : Université d'Ottawa.
- Dupont, Ch. (1989). L'étude des représentations, un enjeu pour les éducateurs. *Les sciences de l'éducation pour l'ère nouvelle*, 2, 51-68.
- Holland, J.H., Holyak, K.J., Nisbett, R.E., et Thagard, P.R. (1989). *Induction - Processes of inference, learning, and discovery*. Cambridge, MA : MIT Press.
- Pinker, S. (1985). Visual cognition : An introduction. In S. Pinker (Ed.), *Visual cognition* (pp.1-63). Cambridge, MA : MIT Press.
- Preece, P.F.W. (1978). Exploration of semantic space : Review of research on the organization of scientific concepts in semantic memory. *Science Education*, 62(4), 547-562.
- Rewey, K.L., Dansereau, D.F., Skaggs, L.P., Dees, S.M., et Pitre, U. (1990). *Scripted cooperation and knowledge map supplements : Effects on the recall of biological and statistical information*. Article présenté au congrès annuel de l'Association Américaine de Recherche en Education (AERA), Boston, MA.
- Van Patten, J., Chao, Ch.I., et Reigeluth, Ch.M. (1986). A review of strategies for sequencing and synthesizing instruction. *Review of Educational Research*, 56(4), 437-471.

