



Les représentations spatiales de concepts scientifiques : inventaire et diversité

Daniel JACOBI, Micheline BOQUILLON

Université de Bourgogne, Faculté des Sciences Humaines
Centre de Recherche sur la Culture et les Musées
36, rue Chabot Charny
21000 Dijon, France.

Philippe PRÉVOST

ENESAD
BP 1067
21036 Dijon cedex, France.

Résumé

La consultation de douze revues (françaises et anglo-saxonnes) s'intéressant à la didactique des sciences, pour les années 1991, 1992 et 1993, permet de faire le point sur l'utilisation des représentations spatiales de concepts scientifiques dans les recherches en didactique.

Deux principaux résultats caractérisent cette étude : la quantité de représentations spatiales publiées reste faible mais celles-ci sont très hétérogènes.

L'analyse de leur diversité ne permet pas toujours de comprendre le projet de l'auteur et oblige les chercheurs en didactique à s'interroger sur le statut des représentations spatiales et sur leur rôle dans la construction de la connaissance.

Mots clés : *concepts scientifiques, cartes conceptuelles, recherche, enseignement, représentations spatiales, didactique des sciences, construction de la connaissance.*

Abstract

The consultation of twelve journals (French and English language) that deal with science education, for the years 1991 to 1993, allowed us to summarize the use of spatial representations of scientific concepts in didactics research.

Two main results were produced from this study : there has not been much work published with spatial representations, and what has been published is very heterogeneous.

Analysis of this diversity does not always allow us to understand the authors' objectives and obliges researchers in didactics to think about the nature and role of spatial representations in the construction of scientific knowledge.

Key words : *scientific concepts, concept maps, research, teaching, spatial representations, construction of knowledge, didactics of science.*

Resumen

La consulta de doce revistas (francesas y anglosajonas) interesadas en la didáctica de las ciencias, para los años 1991, 1992 y 1993, permite hacer el punto sobre la utilización de las representaciones espaciales de conceptos científicos en las investigaciones en didáctica. Dos principales resultados caracterizan este estudio : la cantidad de representaciones espaciales publicadas permanecen bajas pero muy heterogéneas.

El análisis de su diversidad no permite siempre de comprender el proyecto del autor y obliga a los investigadores en didáctica a interrogarse sobre el status de las representaciones espaciales y su rol en la construcción del conocimiento.

Palabras claves : *conceptos científicos, mapas conceptuales, investigación, enseñanza, representaciones espaciales, didáctica de las ciencias, construcción del conocimiento.*

Pour qui fréquente les milieux de la recherche en éducation et en didactique, la rencontre, lors d'exposés, de conférences ou de lectures, avec un certain nombre de figures appelées (par ceux-là mêmes qui les élaborent) aussi bien des *schémas*, des *graphes*, des *diagrammes*, des *réseaux* ou, plus récemment, des *cartes*, est continue. On finirait par ne plus prêter grande attention à ce type de figure et par croire qu'il s'agit là d'une manifestation parmi d'autres de l'activité de recherche ou de théorisation-modélisation.

Ces traçages plus ou moins élaborés, destinés à être projetés en public ou publiés, sont-ils destinés à devenir des formes stables, au même titre que tout énoncé formalisé et cohérent ? Autrement dit, pour représenter le même modèle recourt-on toujours au même traçage ? Et celui qui regarde et consulte ce tracé, sans l'avoir lui-même pensé, construit et élaboré, peut-il en percevoir le sens, sans recourir à une légende ou à tout autre énoncé linguistique conventionnel qui le commente et l'explique ?

C'est cette question qui préoccupait depuis longtemps l'un de nous, puisqu'elle n'est qu'une des facettes d'une question plus large, celle de la figurabilité des concepts (voir Jacobi, 1984), qui a pris une actualité nouvelle quand ont commencé à apparaître, de plus en plus fréquemment, les *concept maps*¹.

1. DES *CONCEPT MAPS* AUX REPRÉSENTATIONS SPATIALES

En décembre 1990, paraissait un numéro spécial du *Journal of Research in Science Teaching*, consacré à la méthode de *Concept Mapping* (cartographie de concept). Novak, le créateur des *concept maps* (cartes conceptuelles), et l'un de ses disciples, Wandersee, proposaient dans ce volume une description de la technique de traçage de ces cartes ainsi qu'un inventaire de leurs utilisations. Ce volume replaçait ainsi sur le devant de la scène une très classique antienne de la didactique et de l'enseignement des sciences, qui consiste à visualiser une base de connaissances en isolant des concepts dans des étiquettes et en faisant apparaître leurs interrelations.

Comme il nous semblait que le recours aux *concept maps* séduisait de plus en plus de chercheurs, nous avons entrepris de faire un inventaire des publications les utilisant effectivement. Les publications qui recourent aux *concept maps* sont-elles réellement de plus en plus nombreuses ? Et le *concept mapping* est-il sur le point de devenir un paradigme essentiel des recherches en didactique des sciences ?

Dans un premier temps nous avons consulté trois revues anglo-saxonnes : *Journal of Research in Science Teaching*, *International Journal of Science Education* et *Journal of Biological Education*. Un dépouillement de quelques volumes nous a apporté très vite deux informations : les *concept maps*, *stricto sensu*, sont assez peu utilisées. Mais nous nous sommes aperçus que d'autres représentations graphiques, proches des *concept maps* et qui portent des noms très différents (*networks*, *frameworks*, *models*, *flow charts*) sont au moins aussi fréquentes. Nous avons aussi constaté que quelques articles traitant du *mapping* ne comportaient pas de représentations graphiques.

Nous avons ensuite repris toutes les collections de revues anglo-saxonnes et françaises dont nous disposions en lisant avec beaucoup d'attention les titres et, si cela était nécessaire, le contenu de l'article. Le répertoire s'est alors encore enrichi. Aux désignations anglo-saxonnes sont venus s'ajouter : les *trames conceptuelles*, *réseaux conceptuels*, *réseaux sémantiques*...

1. Le syntagme anglo-saxon *concept map* peut être traduit de deux façons : *carte conceptuelle* ou *carte de concepts*. Ces deux traductions ne sont évidemment pas équivalentes. Dans *carte conceptuelle*, il y a une ambition que *carte de concepts*, plus neutre, n'induit pas. Quant à l'autre syntagme, celui de *concept mapping* ou *mapping*, il est lui intraduisible. Le *mapping*, comme projet en acte, est probablement ce qu'il faudrait comprendre et interroger pour analyser les cartes.

Afin de répertorier les articles contenant des *concept maps* ou utilisant le *concept mapping*, nous avons photocopié la ou les représentations graphiques trouvées dans cet article, ainsi que la première page afin d'enregistrer le titre, les noms des auteurs et le résumé. En répertoriant le nombre de cartes par article, par volume et par année pour chacune des revues étudiées, nous avons pu mettre en évidence la fréquence d'occurrence des cartes et son évolution.

2. HÉTÉROGÉNÉITÉ DES REPRÉSENTATIONS SPATIALES DE CONCEPTS

Ce petit inventaire systématique a produit deux types de résultats. Le premier, sans équivoque, est que des cartes de concepts sont effectivement publiées. Mais elles demeurent encore rares et leur fréquence de publication paraît stable. Le second résultat, plus inattendu, est de faire apparaître l'incroyable richesse et diversité de ces représentations. Les cartes, ou les prétendues cartes, ne sont homogènes qu'en apparence. Et, symétriquement, le survol des revues conduit à considérer comme carte ou pseudo-carte d'autres représentations que leurs auteurs dénomment autrement.

Le dépouillement systématique des revues scientifiques de recherche pédagogique ou de didactique (voir la description du corpus en annexe) a donc surtout permis de mettre en évidence la grande diversité des représentations spatiales de concepts scientifiques. Tandis qu'il semble en définitive qu'un taux peu élevé de textes utilise des *concept maps* (environ 1,5%, par année, dans les revues anglo-saxonnes).

Cet inventaire nous a donc conduits à comparer et classer les diverses représentations spatiales de concepts que nous avons collectées. En rapprochant le traçage publié et, lorsqu'elle existe, la dénomination explicite proposée par l'auteur, on parvient à séparer plusieurs types de cartes. Si on élimine le *réseau sémantique*, qui est emprunté par les didacticiens au courant de l'intelligence artificielle, il nous a paru possible de séparer quatre familles différentes. Ces familles sont les suivantes : *les cartes de concepts*, *les trames conceptuelles*, *les réseaux conceptuels* et *les modèles conceptuels*.

La carte de concepts est un outil qui a été proposé par Novak. Elle s'appuie sur la théorie de l'apprentissage d'Ausubel et elle est considérée par certains chercheurs comme un puissant outil de métacognition. On dispose pour ces cartes d'une théorisation et d'un ensemble de règles à suivre en vue de leur élaboration. Pour les rappeler très brièvement, il s'agit de construire une représentation spatiale d'une base de connaissances de type déclaratif. Pour cela le chercheur isole et choisit les concepts pertinents, les hiérarchise par niveaux ordonnés, puis il relie les concepts entre eux par des ponts ou des liens homogènes. Enfin il ordonne et lisse la carte (figure 1).

Ces règles élémentaires paraissent claires et ce n'est probablement pas leur complexité qui explique pourquoi leur utilisation et leur diffusion dans différents domaines semblent avoir engendré une certaine ambiguïté dans la notion de carte. Faut-il penser que beaucoup d'auteurs les tracent sans connaître et donc respecter leurs règles de construction ?

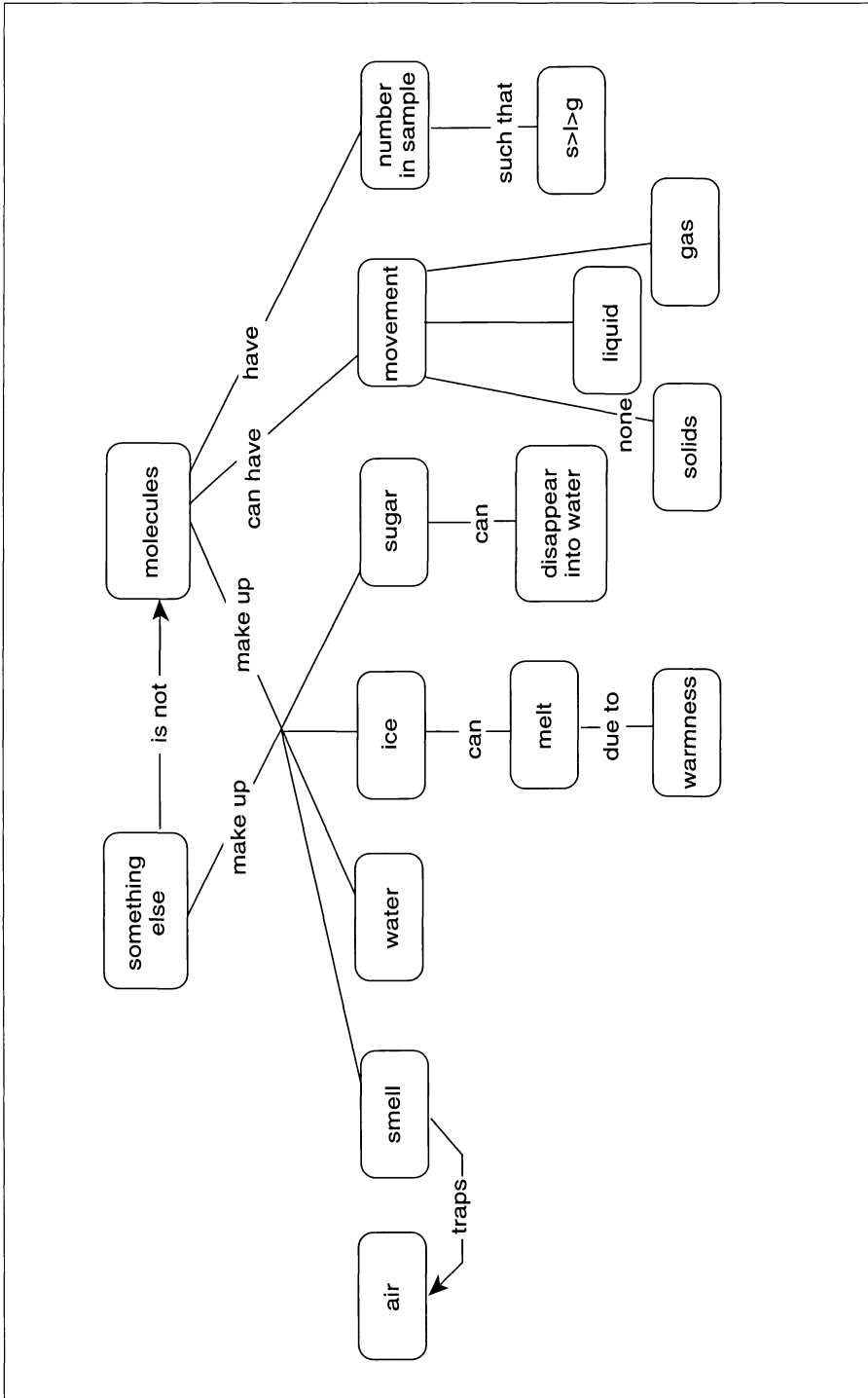


Figure 1 : Carte conceptuelle tirée de NOVAK J.D. (1990). Concept mapping : a useful tool for science education. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 27, n° 10, p. 939.

La trame conceptuelle a été proposée par l'INRP français et formalisée en particulier par Astolfi et al. (1990). Les trames ne ressemblent qu'assez peu aux cartes. La différence essentielle porte sur les unités spatialisées. Dans une carte les concepts correspondent à des mots isolés ou plus exactement des termes ou des syntagmes terminologiques. Dans les trames INRP, chaque concept correspond à un énoncé, c'est-à-dire presque toujours au minimum à une phrase de base (figure 2). La trame consiste en un réseau d'énoncés opératoires. Ces énoncés sont destinés à expliciter et développer le contenu de certains éléments des programmes officiels de l'enseignement scientifique. La trame n'est pas un système hiérarchisé de petite taille. Les énoncés isolés dans des étiquettes sont reliés par des traits ou des flèches dont la nature n'est pas explicitée. On peut simplement indiquer que cette liaison indique une implication logique entre au moins deux énoncés-concepts.

Les références théoriques citées par les chercheurs qui les recommandent sont empruntées à l'épistémologie (référence au modèle en "bogue" de Schaefer dans lequel le noyau logique d'un concept est placé au cœur d'un champ associatif) et à la psychologie (référence au réseau sémantique).

La notion de **réseau conceptuel** est une notion beaucoup moins bien définie car elle ne semble pas avoir fait l'objet d'une formalisation théorique jusqu'alors. Elle est plus précise que la notion de modèle conceptuel, en ce sens qu'elle relie des concepts entre eux selon un diagramme dont la forme est très variable. Par contre, le réseau conceptuel ne se construit pas selon une technique définie. Si les références théoriques ne sont pas citées, il semble assez apparent qu'il faudrait les rechercher dans les sciences de l'information, la cybernétique ou la systémique.

Enfin, le **modèle conceptuel** ne semble pas répondre à une définition précise, compte tenu de la polysémie des deux termes associés et de son caractère englobant. Si les trois premiers groupes ne posent pas de problème quant à la nature didactique de la représentation spatiale, le groupe des modèles conceptuels semble difficile à analyser du fait de la diversité des références théoriques. Ainsi, un modèle conceptuel peut aussi bien représenter : une procédure de recherche, un modèle pédagogique ou un processus cognitif. Ceci nous a conduits à l'éliminer de l'analyse qualitative de notre corpus.

3. ANALYSE DES REPRÉSENTATIONS SPATIALES DE CONCEPTS SCIENTIFIQUES

Fort de cette typologie, nous avons pu reprendre notre dépouillement systématique. Nous avons répertorié les articles par revue et avons sélectionné les articles concernant les cartes, trames et réseaux conceptuels. Nous avons pu observer que certaines revues utilisaient davantage les représentations spatiales que d'autres. Sur les trente et un articles que nous avons retenus pour l'analyse qualitative, dix-neuf (soit 60 %) sont issus de deux revues anglo-saxonnes (onze pour le *Journal of Research in Science Teaching* et huit pour l'*International Journal of Science Education*).

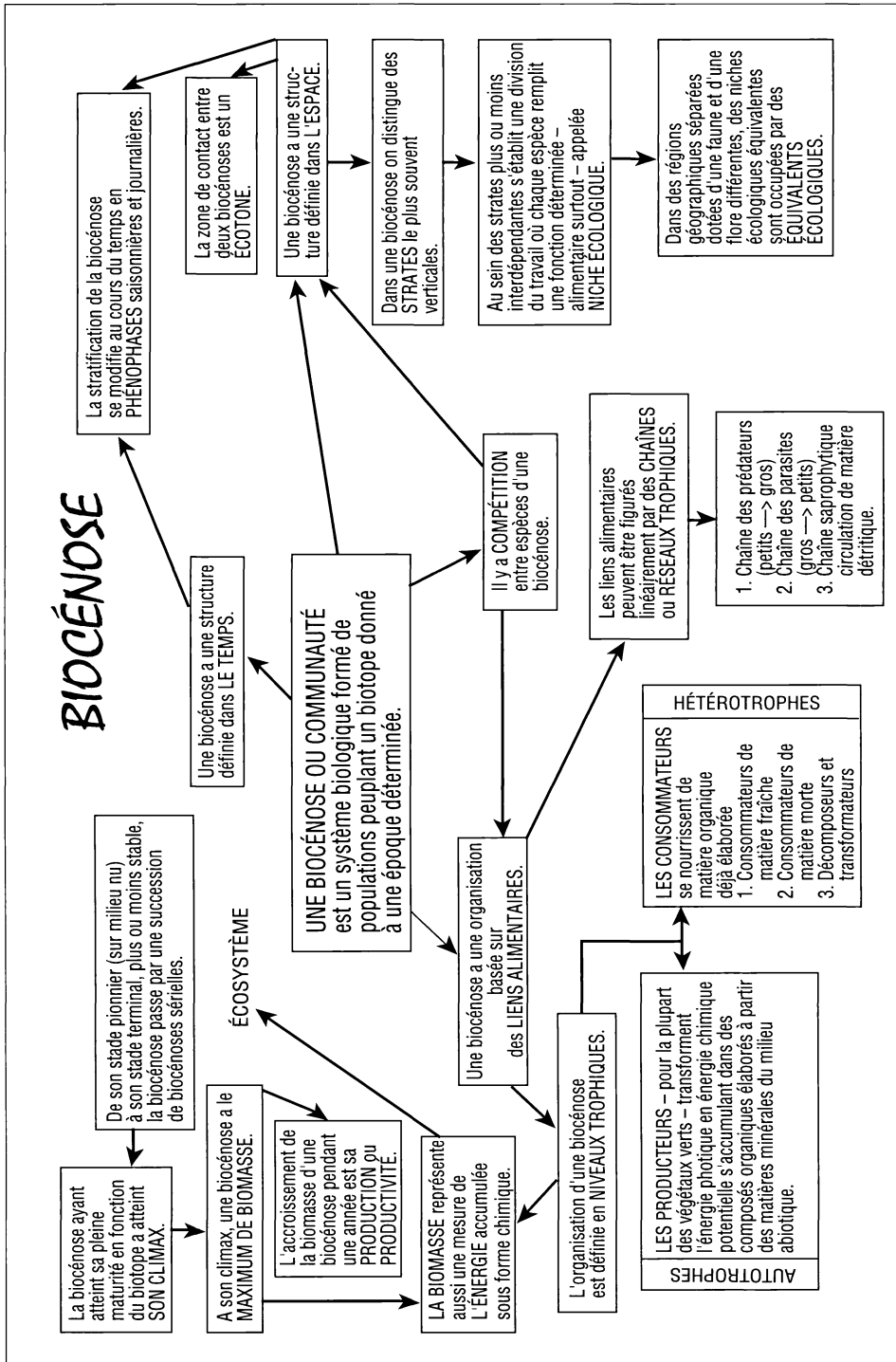


Figure 2 : Trame conceptuelle tirée d'ASTOLFI J.-P. et al. (1990). *Trames conceptuelles*. Document de travail. Paris, INRR.

La répartition des articles par type de représentation spatiale montre que les cartes sont actuellement les plus fréquentes et cela dans les revues anglo-saxonnes (tableau 1). Sans accorder une importance excessive à ces résultats partiels, on remarque aussi que la trame est une représentation seulement utilisée dans les revues francophones. Tandis que le modèle conceptuel paraît être une exclusivité des revues anglo-saxonnes.

Type de représentation	articles retenus		articles en anglais		articles en français	
	total	%	total	%	total	%
Cartes conceptuelles	21	42,86 %	19	90,48 %	2	9,52 %
Trames conceptuelles	2	4,08 %	0	0 %	2	100 %
Réseaux conceptuels	7	14,29 %	5	71,43 %	2	28,57 %
Modèles conceptuels	19	38,78 %	19	100 %	0	0 %
Nombre total d'articles retenus	49		43		6	

Tableau 1 : Analyse quantitative des articles retenus

Une analyse qualitative plus fine des représentations spatiales retenues dans les articles fournit quelques renseignements supplémentaires. En ce qui concerne les cartes conceptuelles, Tochon (1990) avait déjà remarqué trois orientations dans leur utilisation : les cartes créées par les apprenants, les cartes créées par un expert ou un enseignant, les cartes de concepts utilisées dans la recherche. Nous retrouvons sensiblement les mêmes orientations dans nos investigations, mais la diversité des figures rencontrées et l'éloignement plus ou moins grand par rapport à la technique proposée par Novak rendent toute catégorisation difficile.

3.1. Les cartes conceptuelles fidèles à la technique de Novak

Du point de vue de la recherche, il nous semble intéressant de classer les cartes conceptuelles selon leur utilisation. Nous pouvons alors distinguer :

- les cartes de conceptions d'apprenants ou d'enseignants, non traitées sur un plan didactique et qui peuvent être individuelles ou collectives. Elles sont avant tout une méthode pour enregistrer et visualiser des résultats d'investigation ;

- les cartes de conceptions, composites ou de synthèse, issues d'une recherche didactique. Ces cartes ont été analysées, voire interprétées, par un chercheur et peuvent servir à définir une stratégie d'enseignement ;

- les cartes-modèles, résultats de recherche, proposent une représentation spatiale de concepts comme modèle de référence.

3.2. Les cartes conceptuelles s'éloignant de la technique de Novak

Peu d'articles proposent des représentations graphiques dont la construction reste fidèle à la procédure précise de Novak. Nous trouvons ainsi :

– des représentations de concepts appelées cartes conceptuelles qui n'en sont pas véritablement, car les liens ou les ponts disposés entre les concepts ne sont ni stables, ni identifiés. Par exemple, Leclerc et al. (1993) proposent une carte conceptuelle du contenu relatif à la protection des cultures en agrotechnique qui se présente comme une structure arborescente de concepts, de nature très diverse, reliés entre eux par des traits dont la signification n'est pas explicitée ;

– des représentations de concepts à dénominations diverses qui proposent un autre type de spatialisation. À titre d'exemples nous avons trouvé :

- la *flow-map* ou *carte de flux* qui représente les mécanismes d'un processus ;
- le *Vee-diagram* ou *Vee-map* qui représente la structure de la connaissance et les éléments épistémologiques qui sont impliqués dans la construction de la connaissance. Le *Vee-diagram* a été lui aussi formalisé par Wandersee dans le *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 27, p. 934 ;
- le *Knowledge-Mapping* ou *K-Map* est une cartographie de la connaissance définie comme un arrangement spatial de nœuds et de liens représentant les informations conceptuelles et relationnelles pour un domaine de connaissance donné (Mc Cagg & Dansereau, 1991) ;
- l'arrangement de concepts, représentation spatiale de concepts non reliés, mais organisés dans un espace à deux dimensions. Dans l'exemple tiré de l'article d'Hauslein et al. (1992), les concepts sont étiquetés et le critère de spatialisation est la proximité géographique ;
- le diagramme conceptuel, représentation de concepts sous une forme iconique très éloignée de la carte conceptuelle. Notons cependant que ce diagramme est publié dans un article de Clement (1993) faisant référence à Novak.

Pour le groupe des trames conceptuelles, l'analyse des articles faisant référence à cette notion est beaucoup plus simple. Nous n'avons rencontré qu'une seule proposition de trame conceptuelle dans un article de Paccaud (1991). Les autres articles relatent des propositions méthodologiques au sujet de la trame conceptuelle mais n'en produisent pas d'exemple. La trame serait-elle davantage un objet virtuel qu'une figure ? Dans la seule représentation spatiale, baptisée par son auteur *trame conceptuelle*, la figure trouvée ressemble à une carte conceptuelle : les étiquettes se présentent sous forme de mots et non d'énoncés opératoires.

Enfin, pour le groupe des réseaux conceptuels, là encore, nous observons une diversité de représentations, certaines se rapprochant des cartes conceptuelles, d'autres de tableaux à double entrée (on parle alors de *framework*). Dans deux articles de Paton (1993), plusieurs représentations spatiales

sont présentées comme des réseaux conceptuels, certaines sous forme de structures arborescentes de concepts, d'autres sous forme de réseaux d'icônes. Par contre, le *conceptual framework* présenté par Finegold & Pundak (1991) est un classique tableau à double entrée.

4. LES LOIS D'UN GENRE

L'investigation que nous avons menée montre la difficulté de distinguer et classer les représentations spatiales de concepts. À l'évidence ni les techniques de spatialisation ne sont stabilisées, ni les projets de cartographie ne sont systématiques et organisés. Deux hypothèses au moins peuvent être avancées. Les techniques de représentation spatiale qui ont été formalisées par certains de leurs promoteurs, comme la carte conceptuelle ou la trame conceptuelle, exigent une connaissance approfondie de la méthode utilisée. Peu de chercheurs semblent posséder une telle connaissance. La diversité ne serait alors que le fruit de la bonne volonté maladroite d'épignes mal informés.

Mais il est possible aussi de penser que les chercheurs en didactique ne sont pas satisfaits des représentations habituelles. Le chercheur paraît éprouver le besoin de bricoler ses propres méthodes pour répondre à la question qu'il pose. Comme s'il était plus simple et plus souple de travailler ainsi, plutôt que de s'astreindre à l'apprentissage d'une technique. Dans ce cas, il faut se demander quel est le statut réel de ces figures. Sont-elles des productions achevées, pensées, contrôlées et finies ou des états intermédiaires de réflexion et de pré-conceptualisation ?

Si, par contre, les techniques de représentation spatiale de concepts sont bien des instruments de recherche ou de formation, il est important de les caractériser. Quels sont les principes qui permettent de passer, de concepts construits en langue naturelle et en discours, à des représentations plus compactes et qui les tirent vers le figural ? Il est évident que les présupposés et les cheminements sont hétérogènes. Pourtant, la construction d'une représentation spatiale d'un concept scientifique repose toujours sur la même succession d'étapes, comme si l'on obéissait aux lois d'un genre.

1) Il faut d'abord remarquer que, en aval de la carte elle-même, celle-ci prend appui sur ce que Chevillard (1985) a appelé la textualisation du savoir. Les connaissances scientifiques prennent nécessairement la forme de discours échangés dans la classe ou celle de textes édités dans des manuels. Cette textualisation du savoir, en langue, rend possible la suite du travail de spatialisation.

2) C'est dans le texte et l'enchaînement des phrases qu'est opérée l'étape essentielle suivante : celle de l'étiquetage. Étiqueter des concepts est une opération fondamentale. Et elle suppose de réaliser simultanément trois actes différents et implicites. Découper le texte en unités (mots, syntagmes), sélectionner parmi ces unités celles qui paraissent les plus remarquables, leur conférer un statut paradigmatique en les isolant physiquement du reste du

texte. Enfin leur faire acquérir leur statut d'étiquette en visualisant le contour géométrique qui les autonomise. Les étiquettes sont des placards équivalents, contenant au moins un mot, et détourés par une ligne (le plus souvent de forme rectangulaire).

3) Les étiquettes ne sont cependant pas équivalentes. Les concepts, isolés du texte, sont donc classés, ce qui suppose un travail de sériation et de hiérarchisation. Ce travail prend appui sur des logiques hétérogènes. Certaines sont seulement terminologiques : on va du terme générique au terme spécifique en fonction de la relation superordonnée ou hyperonymique existant entre les unités isolées (Mortureux, 1990). D'autres relations s'appuient sur la causalité ou la consécution, l'inclusion, etc.

4) La hiérarchisation précède immédiatement la mise en relation des étiquettes. Chaque étiquette est reliée à une ou plusieurs autres étiquettes par des traits ou des flèches. Ces traits ne sont pas anodins. Certains sont en gras, d'autres en pointillé, ce qui correspond à une syntaxe nommée par certains ponts ou liens. Les ponts ou liens devraient en principe avoir une valeur sémantique et cette valeur demeurer univoque.

5) Enfin le travail du cartographe se termine par la construction d'une figure. C'est-à-dire qu'il dispose et spatialise les étiquettes et les liens sur la page. Apparaît alors une ultime préoccupation : celle de conférer une vue d'ensemble à la représentation. Cette vue d'ensemble suppose un lissage, un arrangement ou même le choix délibéré d'une forme préférée. On obtient ainsi des représentations arborescentes hiérarchisées, des réseaux autocentrés, des dispositions élégantes et équilibrées, pyramidales...

La diversité observée des représentations spatiales résulte des choix différents effectués par les auteurs lors des étapes successives pour en principe parvenir au même résultat : représenter de façon simplifiée et résumée, sous une forme visuelle et synoptique, plusieurs concepts et leurs interrelations. Ces choix qui, par ailleurs, ne sont pas toujours explicités, ne permettent que très rarement au lecteur d'accéder au sens d'une telle représentation. Ainsi, l'utilisation d'une représentation spatiale d'un concept ne peut que s'avérer difficile lorsqu'il manque une légende qui justifie le choix de la procédure et des règles de construction de la représentation spatiale, et le projet d'utilisation de cette représentation.

Le paradigme des représentations spatiales de concepts scientifiques paraît très ouvert. N'est-il pas cependant indispensable de s'interroger sur le statut de ces représentations spatiales et sur leur rôle dans la construction de la connaissance ?

ANNEXE : Liste des revues consultées

Nous précisons entre parenthèses, après le titre de chaque revue, le nombre de numéros consultés, le nombre total d'articles qui a été consulté et le nombre qui a été retenu par revue dans les groupes de cartes conceptuelles, trames conceptuelles et réseaux conceptuels.

Revues en français

- *Aster* (6 numéros, 56 articles dont 5 retenus)
- *Éducation Permanente* (10 numéros, 169 articles dont 0 retenu)
- *Les Sciences de l'Éducation pour l'Ère Nouvelle* (13 numéros, 63 articles dont 1 retenu)
- *Perspectives Documentaires en Éducation* (9 numéros, 72 articles dont 0 retenu)
- *Revue Française de Pédagogie* (12 numéros, 93 articles dont 0 retenu)

Revues en anglais

- *Educational Research* (8 numéros, 51 articles dont 2 retenus)
- *European Journal of Education* (12 numéros, 89 articles dont 0 retenu)
- *International Journal of Science Education* (16 numéros, 150 articles dont 8 retenus)
- *Journal of Biological Education* (12 numéros, 82 articles dont 1 retenu)
- *Journal of Research in Science Teaching* (30 numéros, 200 articles dont 11 retenus)
- *Studies in Educational Evaluation* (9 numéros, 81 articles dont 1 retenu).
- *The Journal of Educational Research* (17 numéros, 119 articles dont 1 retenu)

BIBLIOGRAPHIE

ANDERSON O.M. & DEMETRIUS O.J. (1993). A flow-map method of representing structure based on respondents' narrative using science content. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 30, n° 8, pp. 953-969.

ASTOLFI J.-P. et al. (1990). *Trames conceptuelles*. Document de travail. Paris, INRP.

CHEVALLARD Y. (1985). *La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble, La Pensée Sauvage.

CLEMENT J. (1993). Using bridging analogies and anchoring intuitions to deal with students' preconceptions in physics. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 30, n° 10, pp. 1241-1257.

COBERN W.W. (1993). College student's conceptualizations of nature. An interpretive world view analysis. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 30, n° 8, pp. 935-951.

FINEGOLD M. & PUNDAK D. (1991). A study of change in students' conceptual frameworks in astronomy. *Studies in Educational Evaluation*, vol. 17, pp. 151-166.

HAUSLEIN P.L., GOOD R.G. & CUMMINS C.L. (1992). Biology content structure : from science student to science teacher. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 29, n° 9, pp. 939-964.

JACOBI D. (1984). Figures et figurabilité de la science dans les revues de vulgarisation. *Langages*, n° 75, pp. 32-42. Paris, Larousse.

LECLERC L.-P., BESANÇON J. & NIZET I. (1993). Élaboration de modèles conceptuels adaptés à l'enseignement professionnel : une application en agrotechnique. *Aster*, n° 15, pp. 101-119.

Mc CAGG E.C. & DANSEREAU D.F. (1991). A convergent paradigm for examining knowledge mapping as a learning strategy. *The Journal of Educational Research*, vol. 84, n° 6, pp. 317-324.

MOHENO P.B.B. (1993). Toward a fully human science education : an exploratory study of prospective teachers' attitudes toward humanistic science education. *International Journal of Science Education*, vol. 15, n° 1, pp. 95-106.

MORTUREUX M.-F. (ed. 1990). *L'hyponymie et l'hyperonymie*. *Langages*, n° 98. Paris, Larousse.

NOVAK J.D. (1990). Concept mapping : a useful tool for science education. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 27, n° 10, pp. 937-949.

PACCAUD M. (1991). Les conceptions comme levier d'apprentissage du concept de respiration. *Aster*, n° 13, pp. 35-58.

PATON R.C. (1993). Understanding biosystem organisation. Part 1 : Verbal relations. *International Journal of Science Education*, vol. 15, n° 4, pp. 395-410.

PATON R.C. (1993). Understanding biosystem organisation. Part 2 : towards a theoretical framework. *International Journal of Science Education*, vol. 15, n° 6, pp. 637-653.

ROLLNICK M. & RUTHERFORD M. (1993). The use of conceptual change model and mixed language strategy for remediating misconceptions on air pressure. *International Journal of Science Education*, vol. 15, n° 4, pp. 363-381.

ROSS B. & MUNBY H. (1991). Concept mapping and misconceptions : a study of high school students' understandings of acids and bases. *International Journal of Science Education*, vol. 13, n° 1, pp. 11-23.

ROTH W.M. & 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*, vol. 30, n° 5, pp. 503-534.

TOCHON V.F. (1990). Les cartes de concepts dans la recherche cognitive sur l'apprentissage et l'enseignement. *Perspectives documentaires en éducation*, vol. 21, pp. 87-105.

WANDERSEE J.H. (1990). Concept mapping and the cartography of cognition. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 27, n° 10, pp. 923-936.