



Choix sous-jacents à la construction de représentations spatiales de concepts

Andrée TIBERGHEN

CNRS-IRPEACS, Équipe COAST
École Normale Supérieure de Lyon
46, allée d'Italie
69364 Lyon cedex 07, France.

Résumé

Dans ce texte, nous considérons les représentations de type carte ou trame conceptuelle qui sont utilisées pour communiquer entre chercheurs, entre enseignants et élèves ou encore entre décideurs et enseignants. Ces représentations spatiales peuvent soit correspondre à un ensemble de connaissances déjà connu et écrit, comme la physique enseignée, soit être l'explicitation des connaissances d'individus, d'élèves par exemple. Dans tous les cas, il s'agit d'un découpage des connaissances fait nécessairement à partir de choix, implicites ou explicites, qui vont affecter le sens porté par ces cartes. Nous analysons le cas des connaissances à enseigner et celui des connaissances des élèves en explicitant certains de ces choix, en particulier celui du savoir de référence sous-jacent lors du découpage.

Mots clés : cartes conceptuelles, savoir, didactique des sciences, fonctionnement des connaissances.

Abstract

In this paper, we deal with the concept map representations which are used in communicating between researchers, teachers and students, or deciders and teachers. These spatial representations can correspond to a set

of knowledge which is already known and written, such as physics to be taught, or being an explicitation of individuals' knowledge, such as that of students. In every case, cutting out a set of knowledge necessarily implies making choices, which are implicit or explicit and which will affect the meaning of these maps. In our analysis of two cases, the knowledge to be taught and students' knowledge, we present the possible implicit choices, and in particular the knowledge used as reference when cutting out.

Key words : *concept maps, knowledge, didactics of sciences, knowledge processing.*

Resumen

En este texto, nosotros consideramos que las representaciones del tipo mapa de concepto son utilizadas para comunicar entre investigadores, entre enseñantes y alumnos o entre las personas que tienen el poder de decisión y enseñantes. Estas representaciones espaciales pueden corresponder a un conjunto de conocimientos ya conocido y escrito, como la física enseñada, o ser la explicación de los conocimientos de individuos, de alumnos por ejemplo. En cada caso se trata de un desglose de conocimientos hecho necesariamente a partir de una selección, implícita o explícita, que van afectar el sentido dados por estos mapas. Analizamos el caso de los conocimientos a enseñar y aquel de los conocimientos de los alumnos explicando ciertas selecciones, en particular aquella del saber de referencia subyacente en el momento del desglose.

Palabras claves : *mapas conceptuales, saber, didáctica de las ciencias, funcionamiento del conocimiento.*

Dans toutes les représentations du type carte conceptuelle, on effectue un étiquetage de concepts ou notions, avec en général une hiérarchisation et des mises en relation. Puis une spatialisation de ces étiquettes et de leurs liens est réalisée (Jacobi et al., dans ce numéro). Il y a donc découpage d'un ensemble de connaissances qui dépend de choix liés aux buts visés.

Ces cartes conceptuelles sont principalement utilisées pour communiquer :

- entre chercheurs,
- entre enseignants et élèves,
- entre concepteurs (et/ou décideurs) de programmes ou curriculums, et enseignants.

Dans la plupart de ces utilisations, elles assurent une fonction d'organisation des connaissances relatives à des concepts. Le choix des termes pour les étiquettes implique l'élimination d'autres termes ; la place des différentes étiquettes explicite souvent une hiérarchie. Ces choix, quelquefois implicites

car certains termes semblent évidents pour les familiers d'un enseignement ou d'une recherche, sont néanmoins sous-jacents et doivent donc être considérés comme importants.

En ce qui concerne le type de connaissances, au moins deux cas se présentent :

- l'ensemble de connaissances auquel correspondent les représentations spatiales est déjà connu et écrit ; c'est le cas des connaissances à enseigner qui se réfèrent à des corpus disponibles ;

- l'ensemble de connaissances est celui d'individus, en particulier d'élèves ; il n'est bien sûr pas explicité par écrit, et ces représentations sont un moyen d'y parvenir.

Nous aborderons ces deux cas en posant la même hypothèse : le sens des connaissances dépend de leur découpage.

1. L'IMPLICITE DANS LES CONNAISSANCES SCIENTIFIQUES ENSEIGNÉES

Dans ce paragraphe, nous insisterons sur les choix sous-jacents aux découpages d'un ensemble de connaissances, dans le cas de l'enseignement par objectifs, et dans celui des traités de base de physique.

1.1. Behaviorisme, pédagogie par objectifs et programmes

Rappelons les liens entre les cartes conceptuelles, le début de la pédagogie par objectifs, en particulier aux États-Unis, et le behaviorisme.

La formalisation du *Concept Mapping* par Novak, en 1972, s'inscrit dans le mouvement du behaviorisme qui a donné naissance à la pédagogie par objectifs. La grande idée de cette pédagogie porte sur le découpage de la connaissance en autant d'unités enseignables, le critère de choix étant, avant tout, la possibilité d'acquisition liée à celle d'évaluation (Johsua & Dupin, 1993 ; Weil-Barais, 1993). L'hypothèse d'apprentissage est ici que, si l'on découpe suffisamment les connaissances, il est toujours possible à un élève de les apprendre et au professeur d'en évaluer l'acquisition.

Comparons ce choix de découpage des connaissances enseignables avec ceux faits en France lors de la rédaction des programmes. Pour cela, il est intéressant d'analyser la structure des textes de base sur lesquels sont souvent fondés les programmes.

1.2. Textes de base en physique

Ces textes sont les livres considérés comme "base" au niveau de l'université. Les ouvrages de Feynman en sont un exemple mondialement connu (Feynman et al., 1969). Je reprends ici l'analyse faite par un épistémologue des

sciences relative aux textes de base en physique (Giere, 1988). Prenons l'exemple de la mécanique et plus précisément de la deuxième loi de Newton ($F = ma$). Ces livres proposent une série de chapitres fondés sur les différentes formes de dépendance fonctionnelle de la force. D'un texte à l'autre le groupement et l'ordre des chapitres varient. *“Néanmoins, ce sont les différentes dépendances fonctionnelles de la force qui fournissent un principe organisateur dans la grande majorité des livres de mécanique classique. Une progression typique est de traiter d'abord le mouvement à une dimension, et dans cette catégorie de progresser des forces uniformes aux forces comme fonction de la position seule, aux forces qui sont à la fois fonction de la position et de la vitesse, et finalement aux forces qui sont une fonction de la position, de la vitesse et du temps.*

Chacune de ces fonctions est illustrée par un ou plusieurs exemples, certains sont déjà dans les Principia : la chute d'un corps dans un champ uniforme de gravitation, une masse soumise à une force linéaire, une masse sur un ressort dans un milieu visqueux (oscillateur harmonique amorti), etc. Par exemple dans le cas des oscillations linéaires : les exemples avec un ressort et le pendule simple sont très fréquemment utilisés.” (Giere, 1988, p. 66)

Ceci n'est qu'en apparence une digression par rapport aux cartes conceptuelles. Elle a pour but de montrer qu'une **“étiquette”**, telle que *oscillateurs linéaires*, est associée, pour la communauté scientifique, à une définition, des équations, ainsi qu'à un ensemble de modèles de situations “idéales” et de situations réelles correspondantes. Si cette connaissance, attachée aux étiquettes, est partagée par les individus qui communiquent à l'aide de ces représentations, alors il y a partage implicite d'un ensemble de connaissances. Les “textes de base” sont des connaissances partagées par l'ensemble de la communauté des physiciens. Aussi, quel que soit le choix des termes pour les étiquettes, titres des grandes parties des livres ou des chapitres, ou concepts clés (masse, vitesse, force) ou encore exemples typiques (pendule simple), la communication pourra s'établir grâce à l'implicite, dans la mesure où la communauté attache un même ensemble de connaissances à ces termes. On retrouve la notion de paradigme développé par Kuhn, partagé par la communauté et non entièrement explicite dans le cas de la science “normale” (Kuhn, 1972).

Notons, à la suite de Giere, que ce découpage n'est pas le seul concevable, même s'il est choisi dans la majorité des textes de base. Par exemple, il aurait été possible de considérer les lois du mouvement comme des axiomes d'un système à partir duquel on déduit des théorèmes, mais ceci n'est pas dans la pratique de la communauté scientifique.

1.3. Comparaison de choix sous-jacents

Nous nous plaçons maintenant dans le cas où des représentations spatiales d'un ensemble de connaissances sont un instrument de communication entre des communautés **ne partageant pas le même savoir relatif à ces représentations**. L'implicite des étiquettes et de leurs liens, important comme nous l'avons vu dans le cas des textes de base, n'est plus nécessai-

rement partagé. Nous considérons alors que ce découpage de la connaissance n'a pas la même signification pour les différentes communautés. C'est le cas de toutes les cartes utilisées, soit entre décideurs et enseignants, soit entre enseignants (ou plus généralement formateurs) et élèves. La question de la taille des éléments de base, dans le découpage d'un ensemble de connaissances (ou encore son niveau de *granularité* comme en parlent les spécialistes de l'intelligence artificielle), et celle de leur hiérarchisation deviennent alors très importantes.

Aux débuts de la pédagogie par objectifs, il semble, de manière un peu caricaturale, qu'il n'y ait pas eu de question soulevée concernant la possibilité d'une modification du sens de la connaissance selon son découpage. La taille des éléments est seulement conditionnée par la possibilité de les faire apprendre et de les évaluer, la pertinence de l'apprentissage de ces éléments pour l'acquisition des connaissances d'une discipline étant supposée *a priori*. La question du sens n'est pas posée par les concepteurs, et donc, pour eux, l'acquisition du sens est indépendante du découpage.

Comme nous l'avons déjà écrit dans l'introduction, notre hypothèse est opposée.

Dans le cas des programmes, en particulier au niveau des lycées, les découpages de la connaissance en titres de chapitres correspondent souvent aux grandes parties des traités de physique, associées à des modèles et à leur champ d'application. Les débats se situent souvent autour de ce que les décideurs considèrent comme plus ou moins essentiel dans leur discipline. Les débats anciens et récents sur le contenu de l'enseignement de l'énergie autour de la place du principe de conservation fournissent de bons exemples de la nature des choix sous-jacents¹. Depuis 1957 jusqu'à maintenant, l'enseignement de l'énergie au lycée commence et porte essentiellement sur des cas spécifiques dans le domaine de la mécanique ; l'énergie cinétique et l'énergie potentielle sont présentées avant le principe de conservation, qui est pourtant celui qui donne le sens de ce concept. Dans les nouveaux programmes, le choix est différent, le principe de conservation est présenté en premier. Cet exemple montre que les principes fondamentaux ne sont pas nécessairement présentés comme structurant l'ensemble. Dans ces choix différents de hiérarchisation des connaissances, ce sont les relations entre grandeurs physiques constituant les modèles "idéaux" (chute libre, oscillateur...) qui sont habituellement favorisées aux dépens des principes, ce qui rejoint d'ailleurs, comme nous l'avons vu, les choix de structuration des textes de base.

Ainsi, ce découpage des connaissances, qu'il soit spatial comme dans les représentations de type carte ou trame conceptuelle, ou temporel comme c'est le cas dans les programmes et dans l'enseignement (séquentialisation), relève de choix d'ordre épistémologique. À notre avis, certains des choix de structuration supposent implicitement un certain partage des mêmes para-

1. Mentionnons seulement, car ce n'est pas l'objet de ce texte, qu'il ne faut pas considérer que ces choix vont conditionner tout le contenu de l'enseignement. L'élaboration des contenus d'enseignement (livres avec exercices, modes d'évaluation) et leur mise en œuvre par les enseignants vont jouer également un rôle considérable (Chevallard, 1991).

digmes entre professeur et élèves. Le fonctionnement est supposé être celui de la science “normale”, proposé par Kuhn, dans lequel les modèles sont plus explicites que les paradigmes.

De manière plus générale, ces représentations spatiales supposent nécessairement des connaissances partagées ; il serait important que celles-ci soient prises en compte pour s’assurer qu’elles sont effectivement connues des individus et/ou communautés impliquées dans leur utilisation. Le sens des connaissances en jeu, construit à partir de ces représentations, dépend fortement du découpage choisi si ces paradigmes ne sont pas partagés. On rejoint le problème de la relation entre l’acquisition des connaissances d’une part, le contenu et la forme de l’enseignement d’autre part.

2. LES CHOIX ÉPISTÉMOLOGIQUES RELATIFS AU FONCTIONNEMENT DES CONNAISSANCES DES ÉLÈVES

Dans ce paragraphe, la question abordée porte sur les choix faits par les chercheurs dans leurs analyses du fonctionnement des connaissances des élèves, en particulier sur les références utilisées pour le découpage de ces connaissances. Dans de nombreux cas, ce sont les concepts de physique : force, accélération, intensité, courant...

Je prendrai l’exemple d’une recherche que j’ai menée à propos de situations matérielles qui, pour le physicien, sont habituellement interprétées en terme de chaleur et de température. Cet exemple est relatif au mode d’utilisation des cartes visant à représenter les connaissances d’un élève ou d’un groupe. Il illustre combien le découpage des connaissances doit être traité avec soin et suppose des hypothèses organisatrices.

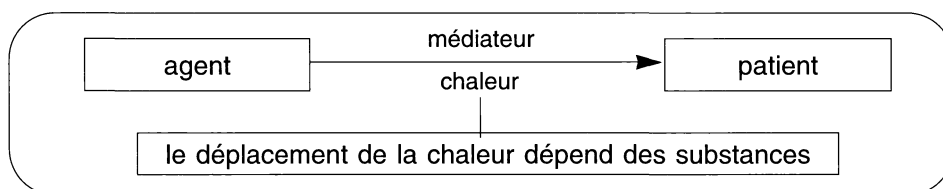
Nous avons fait l’hypothèse que la plupart des interprétations construites par les élèves, et plus généralement par les individus, dépendent de “théories”, même si elles sont implicites. Ces “théories” consistent en des principes, c’est-à-dire des “unités” de connaissance qui sont considérées comme évidentes par l’individu et qui, donc, ne sont pas à remettre en question (on reprend ici la notion de “théorie naïve” de Carey, 1985). Ces “théories” ont un champ expérimental de validité qui peut être très différent de celui du scientifique, même si les principes ne le sont pas, au moins à un certain niveau. Nous considérons donc que le fonctionnement des connaissances, aussi bien chez les élèves qu’en physique, met en jeu des “principes”, des modèles et un champ de validité. Ceci ne suppose pas que les principes ou les modèles soient semblables ; **ils sont souvent de nature différente** pour l’élève et pour le physicien, de même que la cohérence entre principes, modèles et champ expérimental. Notre insistance sur ce niveau “théorique” vient du fait que, dans l’enseignement au niveau des collèges et lycées (le cas de l’université est différent), les principes de base, ou plus généralement les paradigmes, de la physique enseignée sont différents de ceux sous-jacents aux connaissances des élèves sur les situations matérielles étudiées. C’est ce que nous illustrons succinctement ci-dessous (Tiberghien, 1994).

Une investigation approfondie avec des élèves de 11-14 ans a montré que le découpage, à partir des notions d'isolant et de conducteur de la chaleur, n'est pas suffisant pour rendre compte des "théories naïves" et de leur champ d'application (Tiberghien, 1989). Nous avons étudié les interprétations des élèves au sujet d'un ensemble de situations matérielles mettant en jeu chauffage et isolation (nous prenons ici volontairement les termes techniques). Dans le questionnaire destiné aux élèves, n'étaient utilisés ni les notions physiques, ni même les mots de chaleur, température, conducteur, isolant. Nous avons regroupé les situations à partir de la similitude des interprétations, et nous avons obtenu trois catégories.

Dans le cas des situations où il y a une source de chauffage reconnue comme telle par les élèves, la source n'étant pas en contact direct avec l'objet à chauffer, les élèves utilisent, au moins implicitement, ce que l'on pourrait appeler l'équivalent d'un principe (figure 1a, dans le rectangle à bord arrondi) : la source de chauffage (l'agent) chauffe en donnant de la chaleur qui se déplace jusqu'à l'objet à chauffer (le patient). Ce type d'explicitation comporte, souvent avant enseignement, et presque très majoritairement après enseignement, les termes d'*isolant* et de *conducteur*.

Notons que, lorsque source et objet à chauffer sont en contact, certains élèves ne font pas appel à un médiateur, ils utilisent simplement une action directe.

"Théorie Élève"



"Modèle Élève"

La chaleur se déplace dans le métal.

La chaleur ne se déplace pas dans le bois ou le plastique.

Après enseignement, les mots "conducteur" et "isolant" sont ajoutés et attachés respectivement à "se déplace" et "ne se déplace pas".

"Champ expérimental Élève"

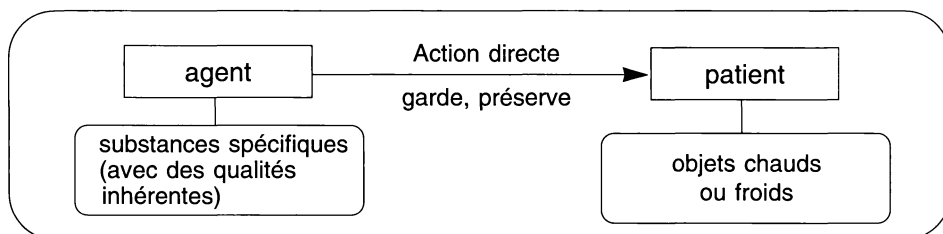
Situations de chauffage dans lesquelles la source de chauffage et l'objet à chauffer sont à distance.

Figure 1a : Reconstruction des interprétations d'élèves en terme de théories "naïves", modèle et champ expérimental dans les cas du chauffage à distance.

Dans le cas d'un autre champ expérimental, avec des situations d'isolation au sens commun ou technique du terme, par exemple des glaçons ou de l'eau chaude dans un récipient, ou de la laine ou du coton entourant un récipient, les interprétations des élèves sont différentes. Nous avons modélisé les interprétations des élèves, toujours avec un principe, mais bien différent. L'agent est non plus la source de chauffage (objet chaud) mais la substance avec laquelle le contenant est faite.

Pour ce champ expérimental, l'interprétation des élèves n'est pas la même ; les significations des termes *isolant* et *conducteur* sont différentes de celles mises en œuvre à propos de situations de chauffage (figure 1b). Ainsi le fer peut devenir un isolant seulement pour le froid "*parce qu'il est froid lui-même*", ou isolant pour le chaud et le froid "*parce qu'il est solide*". Si bien que pour certains élèves, un même matériau peut être un bon conducteur dans une situation de chauffage et un mauvais conducteur dans une situation d'isolation.

"Théorie Élève"



"Modèle Élève"

Le coton	garde bien	des objets chauds
L'aluminium	garde bien	des objets froids

"Champ expérimental Élève"

Situations d'isolation.

Figure 1b : Reconstruction des interprétations d'élèves en terme de théories "naïves", modèle et champ expérimental dans les cas d'isolation

Cet exemple montre l'importance de gérer deux contraintes. La première est d'explicitier au maximum le domaine d'application des concepts et leurs relations afin de ne pas identifier, pour deux groupes différents d'individus, le domaine d'application des "théories", même si celles-ci, utilisant les mêmes termes, peuvent sembler avoir la même signification. Dans le cas présenté, si on se contente d'étudier la notion de conducteur et d'isolant pour un seul type de situation (le chauffage), alors on prend le risque de supposer que ces notions vont s'étendre spontanément à un autre ensemble (situation d'isolation).

La seconde contrainte est de chercher les structures de connaissances sous-jacentes aux interprétations qui permettent de mieux comprendre les différences d'interprétation des élèves.

On rejoint à nouveau la complexité du concept. Notre choix épistémologique suppose qu'un concept n'est pas construit empiriquement par l'abstraction de traits communs d'un ensemble d'objets ou de situations, il est un quadruplet (cf. article de G. Vergnaud dans ce numéro) associant une étiquette (signifiant), un signifié, un référent et les invariants opératoires associés. Les rapports entre concepts et monde réel sont extrêmement complexes et il serait illusoire de supposer qu'une même complexité est partagée par un ensemble d'individus de culture et de niveau différents.

En conclusion, les représentations spatiales des concepts, qu'elles correspondent à un ensemble de connaissances déjà connu et écrit, comme la physique enseignée, ou à un ensemble de connaissances d'individus, des élèves par exemple, véhiculent des choix. Ainsi, dans le cas des connaissances scientifiques enseignées, si, par exemple, une étiquette désigne un concept, les scientifiques lui associent un même ensemble de principes, de modèles, d'expériences types. Il y a pour eux partage implicite des connaissances sous-jacentes. Ce n'est plus le cas si cette représentation s'adresse à l'élève : l'essentiel du sens de cette représentation ne lui est pas accessible. L'implicite véhiculé doit alors être explicité.

Dans le cas des individus, les termes et la structure de la représentation de leurs connaissances (ou de leur fonctionnement), supposent d'avoir choisi un niveau, les deux choix les plus fréquents étant les interprétations types ou les "principes" sous-jacents à ces interprétations. Ainsi, ces représentations impliquent des choix sur la nature et le fonctionnement des connaissances. De ce fait, si ces représentations sont utilisées pour communiquer entre des individus ou des groupes qui ne partagent pas les mêmes connaissances, alors l'implicite sous-jacent aux choix devient important ; à notre avis il ne peut pas être éliminé complètement, il faut alors faire des hypothèses sur les connaissances partagées.

BIBLIOGRAPHIE

CAREY S. (1985). *Conceptual change in childhood*. Cambridge, MA, MIT Press (Bradford Books).

CHEVALLARD Y. (1991). *La transposition didactique, du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble, La Pensée Sauvage.

FEYNMAN R.P., LEIGHTON R.B. & SANDS M. (1969). *Le cours de physique de Feynman*. London, Addison Wesley.

GIERE R.N. (1988). *Explaining science, a cognitive approach*. Chicago, University of Chicago.

JOHSUA S. & DUPIN J.-J. (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris, PUF.

KUHN T.S. (1972). *La structure des révolutions scientifiques*. Paris, Flammarion.

TIBERGHIE A. (1989). Learning and teaching at middle school level of concepts and phenomena in physics. The case of temperature. In H. Mandl, E. de Corte, N. Bennett & H.F. Friedrich (Eds), *Learning and instruction. European research in an international context*, vol. 2.1. Oxford, Pergamon Press, pp. 631-648.

TIBERGHIE A. (1994). Modelling as a basis for analysing teaching-learning situations. *Learning and Instruction*, vol. 4, n° 1, pp. 71-87.

WEIL-BARAIS A. (1993). *L'homme cognitif*. Paris, PUF.