

ÉQUIPE INRP/LIREST (J.-L. MARTINAND et al.) (1994). *Nouveaux regards sur l'enseignement et l'apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris, INRP, 136 p.

Ce livre a pour sujet la recherche sur la modélisation menée par l'équipe INRP/LIREST, recherche qui concerne en particulier les conditions du développement des activités de modélisation, de l'école jusqu'au lycée, et les différents aspects de la modélisation en sciences, en physique spécialement. Ces travaux sur les activités de modélisation des élèves ont fait l'objet d'un colloque auquel ont participé des chercheurs invités, et dont les réactions ont été transcrites dans l'ouvrage. Celui-ci contient cinq chapitres rédigés par des chercheurs de l'équipe INRP/LIREST, deux contributions d'auteurs «invités», et un texte sur les particularités de la modélisation en biologie.

L'ouvrage analyse des modèles proposés par les enseignants à leurs classes et des modèles construits par les élèves lors de cette recherche, dans le but de caractériser les différentes démarches de modélisation, la nature et la structure des différentes sortes de modèles. Il analyse le rôle du modèle selon ses fonctions de représentation, de description, d'explication et de prédiction. Des éléments de réflexion sur le problème de la modélisation en sciences sont fournis, au plan épistémologique, psychologique et pédagogique, ainsi que des suggestions pour l'enseignement scientifique. Les auteurs montrent en particulier l'importance de la représentation dans la conceptualisation, en prenant en compte la question de la validité des modèles et celle des risques possibles liés à leur utilisation, spécialement au niveau élémentaire : un modèle se situe à un niveau abstrait ; faire le lien avec la réalité peut poser problème à l'élève. Une analyse des modèles est proposée en termes

de relation entre ces deux registres bien distincts (celui du modèle et celui de l'expérience réelle), en tenant compte des difficultés des élèves à maîtriser les modèles et leurs différentes fonctions. Le rôle du modèle dans la recherche est ensuite comparé à son rôle dans la vulgarisation scientifique ; dans le cas de la vulgarisation, l'accent est mis sur la fonction fondamentale de représentation.

La relation entre description et représentation est montrée à travers des exemples de modèles utilisés par des élèves d'âge différent en physique et en astronomie ; les auteurs identifient dans ces modèles les fonctions de représentation, d'explication et de prédiction, et précisent en quoi ces modèles contribuent à la conceptualisation et à la construction du savoir.

Afin de proposer des modèles de façon efficace, la nécessité de connaître les conceptions des élèves est reconnue, ainsi que les possibilités d'interférence entre les modèles implicites utilisés dans la vie quotidienne et les modèles proposés à l'école. Est également abordé le problème de la transposition et de l'adaptation du modèle du chercheur au niveau des élèves, en même temps que celui de la maîtrise par les élèves de nouveaux systèmes de représentations symboliques. Une approche développementale de l'apprentissage est proposée pour étudier les activités de modélisation des élèves et en tirer des conséquences pour l'enseignement ; les auteurs analysent les interférences entre les ressources cognitives des élèves et les actions de guidage de l'enseignant. Le choix effectué concernant la conception de l'apprentissage induit une vision nouvelle des interventions pédagogiques dans la classe, du rôle de l'enseignant et des activités de modélisation des élèves. Enfin, sont envisagées les possibilités d'applications de cette recherche dans le développement de curriculums.

Ce livre constitue une ressource intéressante

pour les enseignants de physique, et plus généralement de sciences, pour les tuteurs et formateurs d'enseignants. On peut signaler que, en matière d'activité de modélisation des élèves, l'utilisation des simulations par ordinateur est mentionnée, mais aucune description n'en est faite. Par ailleurs, la signification de certaines notations, supposées connues des lecteurs (comme par exemple l'abréviation CM), peut poser problème aux lecteurs non français. Cette dernière remarque concerne les personnes qui n'ont pas lu l'ouvrage *Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences*, centré sur le même sujet et publié en 1992 par l'INRP.

L. Borghi

GIORDAN A., GIRAULT Y. & CLÉMENT P. (Sous la direction de) (1994). *Conceptions et connaissances*. Berne, Peter Lang, 320 p.

Dans la première partie de ce livre, intitulée «Cadre conceptuel», A. Giordan, Y. Girault et P. Clément passent en revue l'utilisation des termes «conception», «connaissance» et «représentation» dans la littérature en philosophie, psychologie et didactique. Ces utilisations apparaissant comme hétérogènes et quelquefois même contradictoires, les auteurs proposent leurs propres définitions, dans le cadre des contributions rassemblées dans cet ouvrage. De par son acception psychologique, le terme de «représentation» sera éliminé – à juste titre, à mon avis – parce que ce terme implique presque toujours l'existence *a priori* de ce qu'un sujet se représente mentalement. Ainsi, les représentations seront comprises sous le terme «conception», qui est défini comme «une sorte de décocodeur permettant à l'apprenant de comprendre le monde qui l'entoure» (p. 10). Bien entendu, cette définition est en accord avec le constructivisme piagétien, qui maintient que le sujet cognitif assimile ses expériences dans les structures conceptuelles qu'il possède déjà (à cela, il faut ajouter qu'une accommodation peut avoir lieu lorsque l'assimilation produit

une perturbation de l'équilibre des structures).

Dans la mesure où cet ouvrage s'intéresse à la culture scientifique (et surtout à l'enseignement de la biologie), le terme «connaissance» est utilisé principalement pour les connaissances scientifiques, et, en accord avec l'orientation constructiviste, celles-ci ne sont pas présentées comme des vérités absolues, mais comme le résultat d'une recherche d'équilibre, influencé par les «représentations sociales» des chercheurs : «*Des connaissances sont scientifiques à partir du moment où elles sont reconnues comme telles par la communauté scientifique.*» (p. 27)

Dans le dernier chapitre de cette introduction philosophique aux problèmes de la didactique, Giordan et Girault notent que l'action propre de l'élève doit être «*replacée au cœur de la construction de la connaissance... sous la forme du «déjà-là» conceptuel*» (p. 47) et ils posent la question : «*que faire concrètement de ces conceptions quand on souhaite «faire passer» un savoir ?*» (p. 48). Puis ils examinent trois positions qu'ils considèrent comme prédominantes dans la littérature «sur l'utilisation des conceptions». Cependant les modes de traitement proposés dans cette littérature sont multiples et souvent contradictoires ; ceci amène à la conclusion qu'il faut «*dépasser radicalement les positions*» mentionnées (p. 64) et que «*la recherche didactique se doit donc d'innover dans ses approches méthodologiques*» (p. 65).

La seconde partie du livre, intitulée «Les concepts en œuvre», s'ouvre sur un essai de P. Clément qui passe en revue les diverses approches historiques et contemporaines concernant l'épistémologie des conceptions. Il conclut : «*Ce n'est plus l'âme extérieure à l'homme, transcendante, qui contrôle ses pensées ; ce n'est plus la prédestination divine, qui fut relayée par le prédéterminisme génétique ; c'est la construction de chaque individu à partir de son génome humain, grâce auquel son cerveau humain se structure en fonction de son histoire propre, de son environnement singulier, en émergences uniques porteuses des créations cognitives de chacun de nous.*» (p. 88)

Les 180 pages qui suivent comportent quinze études sur le rôle des conceptions préalables dans l'enseignement, en autant de sujets différents – de la vie sociale des fourmis à la circulation du sang en passant par la fonction des enzymes. Dans les dernières pages, A. Giordan présente son interprétation des «*théories contemporaines sur l'apprentissage*», dont onze sont caractérisées. C'est évidemment une entreprise subjective, et rien n'oblige le lecteur à être d'accord avec tous les jugements énoncés.

Ce livre constitue un précieux catalogue des préconceptions auxquelles l'enseignant aura affaire dans un grand nombre de domaines de la biologie. Basés sur une approche constructiviste, selon laquelle le savoir des apprenants est toujours le résultat de leurs propres activités mentales, les auteurs expliquent pourquoi il est absolument indispensable de tenir compte des conceptions dont l'apprenant dispose en début d'enseignement.

S'il y a une faiblesse dans cet ouvrage, c'est qu'il n'y est pas fait mention du fait que les associations formées par les apprenants entre les termes scientifiques et les concepts ne sont pas elles non plus sous le contrôle direct de l'enseignant ; en effet, la construction du sens des mots est elle aussi guidée par l'expérience subjective.

E. von Glasersfeld

GOFFARD M. (1994). *Le problème de physique et sa pédagogie*. Paris, ADAPT, 80 p.

Professeur de physique en lycée, M. Goffard a fréquemment rencontré les difficultés des élèves devant un problème de physique, à tel point qu'elle a choisi ce thème comme objet de ses recherches en didactique : cet ouvrage s'inspire largement de ces travaux.

Une première partie de l'ouvrage situe la résolution de problèmes dans le domaine des recherches en didactique de la physique, en effectuant un état des lieux sur la formation des enseignants sur ce point, et d'autre part

sur la connaissance des modes de résolution appliqués par les élèves. L'intérêt de cette partie est de montrer à qui en doutait, état des lieux à l'appui, que la résolution de problèmes n'est pas un simple exercice scolaire que les élèves savent plus ou moins bien réaliser, mais aussi un domaine d'interrogation et de recherche.

Une seconde partie, prenant appui sur les deux recherches auxquelles a participé l'auteur, présente deux rôles du problème de physique dans l'élaboration des connaissances, en détaillant les situations didactiques construites à ces occasions : le premier est celui d'aide à l'appropriation d'une connaissance, le second d'aide à la compréhension. La conclusion de l'ouvrage aborde la notion de «*mode de travail pédagogique*», soulignant le rôle de l'enseignant, l'importance de ses choix, dans la réussite des élèves.

L'étude de la résolution de problèmes de physique par les élèves peut s'envisager suivant l'une des trois directions rappelées dans la préface ; l'étude des modes de résolution mis en œuvre par les élèves, le travail d'ingénierie pour construire des situations à problème, et l'analyse du rôle central du problème dans la construction de la connaissance scientifique. Ces trois directions mériteraient d'être évoquées plus largement, en particulier pour préciser que l'auteur se réfère plutôt à la troisième, et il peut paraître dommage que la brièveté de l'ouvrage n'autorise pas cette mise en relief. La place qu'un enseignant accorde à cette phase didactique est également l'objet d'étude de la part de M. Goffard, qui s'appuie pour cette analyse sur les trois «*modes de travail pédagogique*» tel que les présente Marcel Lesne. Sur ce point encore, la taille réduite de l'ouvrage conduit à un survol très rapide : on pourrait souhaiter voir évoquées les valeurs, très différentes suivant le style d'enseignement, de critères (logique de la tâche, rapport au savoir, rapport au pouvoir...) caractérisant ces styles, en les référant à la résolution de problèmes.

Quelques regrets toutefois : la place du problème scientifique dans l'épistémologie scolaire est centrale et apparaît trop peu dans cet ouvrage ; même en n'abordant que le domaine de la mécanique (mais dont on

sait la place importante que lui fait l'enseignement français... et les études didactiques), l'étude de M. Goffard part de façon prometteuse : on attend plus que ces quelques pages. Par ailleurs, un titre comme celui choisi doit certainement attirer l'œil et aiguise la curiosité de nombre d'enseignants de physique qui, bien souvent, «ne comprennent pas que leurs élèves ne comprennent pas». Mais les réponses avancées ne peuvent qu'être référées à la physique : les méthodes de résolution d'un problème de physique sont des méthodes de physique (la même remarque s'adresse à toutes les disciplines). Pourquoi alors parler de pédagogie ? Sauf à rechercher les faveurs d'un public de futurs enseignants de physique : or, ce public est exigeant et sensible côté didactique. Des références à des travaux de ce type lui sont nécessaires (comme aux formateurs d'ailleurs), dans lesquels la rigueur doit être omniprésente, aiguillonnée par un travail constant de transposition du savoir construit par la recherche.

J. Toussaint

Le travail présenté ici sur le problème de physique s'inscrit principalement dans une problématique d'élaboration d'aides à la résolution de problème, aides pour les élèves mais aussi aides pour les enseignants chargés d'accompagner les élèves dans ces résolutions. C'est l'articulation entre apprentissage de la physique et résolution de problèmes qui est envisagée : apprendre la physique pour résoudre des problèmes, mais aussi résoudre des problèmes pour apprendre la physique nécessitent que la résolution de problèmes elle-même soit considérée comme un processus à guider par l'enseignant et que le statut des problèmes traités soit interrogé.

Les problèmes dont il est question ici ne sont pas seulement des problèmes habituels, fermés, formalisés, à solution unique, mais aussi des problèmes ouverts, sans données, qui nécessitent d'abord un travail de délimitation avant d'envisager une résolution.

Si la finalité de l'activité de résolution de problème est d'apprendre à résoudre des problèmes, alors elle ne peut en effet prendre

comme référence qu'une activité de chercheur dans laquelle le problème est en fait à poser à partir d'une situation étudiée. L'introduction de problèmes ouverts permet de sortir l'enseignant de son expertise de la solution pour l'engager dans une expertise de résolution et modifie ainsi son rôle : elle permet aussi de sortir l'élève d'une démarche de tâtonnement vers la solution à partir de manipulation de formules et de données pour l'engager dans une analyse de la situation physique dans laquelle les aides proposées pourront prendre un sens. C'est aussi l'image de la science comme construction collective qui est en jeu dans ce choix.

Dans une première partie, différents cadres théoriques qui sous-tendent les recherches sur la résolution de problèmes sont comparés et interrogés dans leur fonctionnalité et dans leurs limites. C'est ensuite les pratiques pédagogiques des enseignants et les comportements des élèves qui sont analysés. L'analyse de pratiques pédagogiques courantes fait ressortir l'illusion d'un apprentissage à la fois dogmatique et inductif, les méfaits des situations prototypiques, l'absence de réelle prise en considération de la difficulté d'un processus d'abstraction, la dissymétrie des rôles enseignant/enseigné. Les comportements des élèves sont analysés en référence à une analyse physique de la tâche : représentation du problème, analyse quantitative, production de schémas, apparaissent peu utilisés par les élèves.

En réponse à ces constats, c'est une nouvelle pédagogie de la résolution de problèmes qui est proposée, mise en place dans les classes par un praticien qui assume les contraintes des situations de classe et cherche un espace de liberté qui permette de modifier fondamentalement le rapport à la construction du savoir par les élèves. Les aides didactiques élaborées, leur appropriation par les élèves, le rôle de l'enseignant sont décrits de sorte que d'autres enseignants puissent s'engager dans de nouveaux modes de travail pédagogique cohérents en disposant de cadres d'analyse de leurs pratiques et de leur rôle.

Il ne s'agit pas dans cette recherche de faire

la preuve d'un dysfonctionnement et de valider un mode d'intervention pédagogique différent. Les données recueillies servent de support à une interrogation sur les finalités des activités de résolution de problèmes et sur la cohérence entre ces activités et les modalités de leur gestion en classe. Si les questions abordées apparaissent manquer un peu de structuration dans leur présentation, peut-être faut-il y voir un accompagnement progressif de l'évolution de la réflexion. Les cadres théoriques introduits au début sont repris en cours de route et en fin de parcours : ils peuvent ainsi prendre un sens progressivement par rapport aux questions abordées concrètement.

À un moment où un type d'enseignement transmissif par présentation d'un savoir et application par les élèves est remis en cause en tant que modèle exclusif, des propositions alternatives argumentées à la fois sur le plan théorique et sur le plan de la faisabilité seront appréciées des enseignants et des formateurs.

C. Larcher

GRANGER G.-G. (1994). *Formes, opérations, objets*. Paris, Vrin, Mathesis, 402 p.

Sous ce titre, Gilles-Gaston Granger publie un recueil de dix-neuf articles parus, sauf deux inédits, de 1947 à 1991, augmenté d'une introduction et d'une conclusion montrant l'unité de l'ouvrage. Ainsi ce livre met à la disposition du lecteur des textes dont certains sont actuellement difficiles à consulter.

La question centrale qui donne son unité à l'ouvrage est celle du rôle et des modes d'intervention de la pensée formelle dans la connaissance scientifique. Les domaines abordés sont ceux de la logique, des mathématiques, de l'histoire et des sciences de l'homme. En ce qui concerne les sciences expérimentales, l'auteur lui-même renvoie à son ouvrage récent, *La vérification* (paru en 1992 chez Odile Jacob). Mais la physique n'est pas absente de l'ouvrage : il devrait

donc être lu avec un grand intérêt par tous ceux qui s'intéressent au rôle des mathématiques dans la physique, à la notion de modèle, à l'histoire des sciences, et à l'épistémologie de la didactique.

La thèse centrale de l'ouvrage repose sur l'affirmation suivante : toute connaissance dès qu'elle s'exprime sous forme symbolique, ne serait-ce que par le langage, définit un système d'objets, et corrélativement un système d'opérations portant sur ces objets. Il existe une certaine « dualité », en un sens emprunté aux mathématiques, entre objets et opérations : si le tissu des opérations est assez serré, il suffit à dessiner « en creux » en quelque sorte la place des objets. Cette dualité est parfaite au niveau de la logique la plus élémentaire, celle du calcul des propositions, où les objets du calcul n'ont d'autre définition que d'être soumis aux opérations de ce calcul. Mais en dehors de ce cas, même en mathématiques, cette dualité n'est jamais parfaite. L'auteur justifie cette affirmation en s'appuyant sur les théorèmes de limitation de Gödel et les travaux de Tarski.

Ainsi, souligne l'auteur, il existe des limitations à la pensée formelle, elle ne se déploie pas arbitrairement. Le cas typique est celui des mathématiques qui ne se réduisent pas à une vaste tautologie, et apportent une information, appelée « *contenu formel* » puisqu'elle est dégagée en principe de toute référence au sensible : « *quant aux contenus formels, ils se manifestent comme produits, corrélatifs de la dualité, dans le développement des concepts indépendamment de tout contenu empirique* » (p. 53). Leur apparition « *se manifeste donc à la pensée sous les espèces des contraintes qu'il faut imposer à ses opérations pour qu'elles s'exercent sans s'auto-détruire* » (p. 44). Ces contraintes qui s'imposent à la pensée formelle se substituent pour l'auteur aux catégories synthétiques *a priori* de Kant. Pour le physicien et plus généralement l'utilisateur de modèles mathématiques, ces contraintes limitent les chemins que peut emprunter la pensée pour créer des modèles : « *le synthétique a priori dans les sciences empiriques pourrait sans doute être désigné comme : ce qui rend pertinente l'application à l'expérience sensible des*

mathématiques» (p. 292). Cette affirmation est illustrée par l'exemple des principes en physique et celui du calcul des probabilités en mathématiques ; on peut regretter l'absence d'illustration en biologie.

Tout didacticien devrait être passionné et interrogé par le contenu des chapitres 13 et 14 consacrés au problème des critères de définition de ce que peut être une science qui traite de faits humains. À défaut de pouvoir résumer brièvement un texte dense, disons que les mots clés sont ici modèle, explication, prédiction, règles de correspondance réalité-modèle, et qu'on y procède aussi à une classification des types de modèles proposés jusqu'à maintenant dans ce domaine.

Sur l'histoire des sciences, l'auteur expose des idées originales sur un problème classique : la relation entre dialectique interne du développement des sciences et conditions sociales dans lesquelles s'effectue ce développement (chapitre 18) ; il étudie comme exemples l'intégrale de Lebesgue et la relativité restreinte. Il expose (chapitre 19) une conception de l'histoire des sciences qui la lie étroitement à l'épistémologie.

En résumé, une lecture à recommander à tous ceux qui sont attentifs à la dimension épistémologique dans l'enseignement des sciences et dans les recherches qui le concernent, en soulignant toutefois l'absence de références à la biologie.

G. Arsac

REVUE DES SCIENCES DE L'ÉDUCATION (1994). *Constructivisme et éducation*. Numéro thématique, vol. XX, n°1.

Ce numéro thématique de la revue francophone québécoise *Revue des sciences de l'éducation* regroupe des contributions sous le label général du constructivisme. Compte tenu de la diversité des questions traitées et de la place limitée qui nous est accordée, nous nous centrerons sur celles qui nous semblent croiser certaines problématiques de recherche dans le domaine de la didactique des sciences et des techniques.

La présentation du numéro, par M. Laroche et N. Berdnaz rappelle les origines épistémologiques des points de vue constructivistes développés dans le domaine de l'éducation. S'appuyant sur les résultats d'études empiriques, les auteurs cherchent à caractériser l'impact actuel de tels points de vue sur les pratiques des enseignants. Elles arrivent ainsi à la conclusion que le principal effet en est la sollicitation du point de vue des élèves ou étudiants. Une telle sollicitation n'est cependant pas une garantie d'une perspective constructiviste de la part de l'enseignant, sa finalité pouvant être l'appréciation de l'écart entre savoir de l'élève et savoir à transmettre, les perspectives sur les moyens de réduire cet écart pouvant être d'inspirations diverses.

On retrouve cette attention au caractère historiquement situé de la construction des savoirs dans les contributions de G. Fourez et de J. Désautels. Ce dernier montre comment une réflexion des étudiants sur leur propre activité dans un contexte de résolution de problèmes peut les conduire, par exemple, à discuter du rôle des métaphores et des postulats dans la production de connaissances et à problématiser les concepts de vérité et d'objectivité.

E. von Glasersfeld rappelle le rôle déterminant de Jean Piaget dans le développement du constructivisme en éducation. À la notion de connaissance comme représentation « vraie » d'une réalité indépendante, il propose de substituer celle de « viabilité » d'une connaissance, viabilité essentiellement pragmatique. Il s'attache ensuite à montrer les limites d'une transmission des connaissances qui ne reposerait que sur le langage, les significations devant, elles, être construites individuellement. Il propose alors une utilisation du langage qui vise non plus tant la transmission des connaissances que « l'orientation de l'effort de construction des élèves ».

H. Bauersfeld se place résolument dans une perspective de développement d'activités mathématiques, d'une culture mathématique, plutôt que sur le développement de connaissances. Il discute les conditions pour qu'un étudiant, ayant acquis au cours de sa scolarité un certain « habitus » mathématique

puisse le modifier au cours de sa formation universitaire et professionnelle et acquière en particulier des capacités à proposer des activités variées et adaptées aux besoins des élèves. Ici encore, l'accent est mis davantage sur l'attention et la conscientisation que sur les connaissances et les habiletés sous-jacentes au développement de telles capacités.

La contribution de Yvon Pépin est structurée par l'opposition entre savoirs pratiques (contextualisés, fonctionnels) et savoirs scolaires (décontextualisés, peu fonctionnels). Les effets ensuite évoqués gagneraient sans doute à être éclairés par les travaux de G. Brousseau concernant le contrat didactique. L'article se termine par une interrogation : les savoirs constructivistes constituent-ils des savoirs pratiques pour l'éducation ? Cette question suppose, me semble-t-il, l'existence de savoirs constructivistes bien définis, isolables, décontextualisables ; ne serait-il pas possible de la reformuler ainsi : les savoirs issus de recherches menées dans une perspective constructiviste peuvent-ils être mobilisés pour l'élaboration de savoirs pratiques (donc la résolution de problèmes) dans le champ de l'éducation ?

P. Cobb, M. Perlwitz et D. Underwood insistent sur le caractère social de la

construction des savoirs. La classe apparaît alors comme une communauté dans laquelle s'élabore ce savoir, dans le cadre d'activités de résolution de problèmes. On retrouve la tension entre exigences de construction par les élèves et exigences de légitimation des connaissances ainsi produites, présente dans la théorie des situations didactiques.

M.L. Schubauer-Leoni et L. Ntamakiliro présentent un travail sur le thème de «*la construction de réponses à des problèmes impossibles en mathématiques*». Les auteurs mettent en particulier en évidence des quiproquos susceptibles de se produire dans une situation expérimentale, l'élève fonctionnant dans un contrat de nature didactique et le chercheur dans un contrat de type expérimental.

Cet ensemble de textes permet ainsi de «faire le point» sur quelques directions de recherche se situant dans une perspective constructiviste. Fonctionnalité des savoirs et caractère social de leur construction apparaissent comme deux pôles de ces réflexions. Est également ouverte la question du caractère pratique et de la transmission aux enseignants des savoirs construits par la recherche dans cette perspective.

M. Méheit