

DIDACTIQUE PLURIELLE DES SCIENCES

Analyse contrastée de quelques publications de recherche

Jean-Pierre Astolfi,
et le Séminaire de l'Unité
de Didactique des Sciences
expérimentales de l'INRP

Les publications de didactique des sciences se multipliant rapidement, il est aujourd'hui possible de se construire une image de la signification de ce domaine de recherche. Ce texte constitue un essai de prise de recul pour analyser comment fonctionne ce champ, sur quelles règles il s'appuie et à quelles régularités il obéit. Six publications, choisies pour leurs contrastes (au sein toutefois du cadre d'ensemble qui s'est dégagé en langue française ces dernières années), y sont analysées à partir des mêmes questions problématiques, dans le but de décrire - brièvement mais systématiquement - une diversité de recherches dans leur fonctionnement. Une certaine connaissance préalable des travaux évoqués sera sans doute nécessaire pour que le lecteur entre dans les analyses proposées. La perspective n'est pas celle d'une tentative de normalisation mais plutôt celle d'un « éloge raisonné de la différence ». Il s'agit là d'une contribution à l'épistémologie de la didactique, qui devra être reprise, amplifiée et faire l'objet de débats.

Face au développement actuel de la didactique des sciences, ce texte cherche à opérer un détour pour analyser le fonctionnement de ce champ, les règles sur lesquelles il s'appuie, les régularités auxquelles il obéit. Pour dégager aussi des contrastes quant à la diversité des façons d'y conduire les recherches. Il doit être lu comme une simple tentative, fruit de la réflexion commune d'un séminaire interne de l'unité de didactique des sciences de l'INRP (1), au cours des années 1992 et 1993. Nous sommes parfaitement lucides sur le fait que la tentative est risquée, dans la mesure où elle est largement interprétative. Inévitablement, elle méritera des reprises et des approfondissements, sinon des rectifications.

Pourtant, la diffusion de ce point de vue, tel quel, nous a semblé utile pour permettre de fonder des débats de nature méthodologique, dont il ne nous semble pas qu'ils soient si fréquemment abordés. Nous voudrions ainsi contribuer, un tant soit peu, à l'épistémologie de la recherche en didactique des sciences, à une réflexion sur les paradigmes qui y fonctionnent, le plus souvent avec beaucoup d'implicites.

une contribution
à l'épistémologie
de la recherche
en didactique
des sciences

(1) Les participants de ce séminaire étaient : Jean-Pierre Astolfi, Mirtha Bazan, Alain Chomat, Éliane Darot, Pierre Fillon, Victor Host, Alain Monchamp, Brigitte Peterfalvi, Dominique Rebaud, Guy Rumelhard, Marie Sauvageot-Skibine, Anne Vérin.

LE CADRE DU TRAVAIL

ni critique,
ni normatif

Étant donné le caractère exploratoire de cette réflexion, nous n'avons visé nulle exhaustivité, mais plutôt retenu quelques exemples contrastés dans la littérature française, que nous avons analysés en construisant et en faisant fonctionner les mêmes catégories d'analyse. Ce faisant, le travail ne présente aucune visée critique, même si, inévitablement, le point de vue des auteurs, eux-mêmes acteurs de cette communauté de recherche, peut ici ou là transparaître. Il vise encore moins à être normatif, ne cherchant aucunement à « faire la police » (scientifique bien sûr...) dans le champ. Au contraire, il souhaiterait plutôt encourager et justifier la diversité nécessaire des types de recherche, dès lors qu'on fait effort pour mettre les choses à plat, pour dégager des configurations et des écarts, mais aussi des recoupements imprévus qui puissent servir à d'autres analyses.

Le choix des textes analysés

Nous avons sélectionné assez empiriquement cinq publications de recherche assez contrastées, dans l'espoir de faire fonctionner avec diversité nos catégories d'analyse. Nous voulions des textes qui répondent aux caractéristiques suivantes :

- rendre compte effectivement de résultats de recherches conduites ;
- offrir à la fois un cadre théorique suffisamment formalisé et un contenu empirique ;
- obéir *a priori* à des conceptions et modes de fonctionnement différents, sur les plans méthodologique et épistémologique.

des textes
illustrant la
conception
française de la
didactique

Insistons sur le fait que ce sont bien les publications qui sont l'objet de l'étude, et non pas leurs auteurs, ceux-ci pouvant avoir développé d'autres orientations de recherche dans des contextes différents. Le lecteur pourra constater que nous nous sommes limités à des productions en langue française. C'est évidemment une facilité que nous nous sommes accordée, et qui ne nous a pas semblé trop gênante étant donné la nature prospective du travail. Mais c'est surtout que la conception française de la didactique s'est développée ces dernières années sur une base originale, avec ses concepts propres. D'autres écrits, anglo-saxons ou germaniques notamment, nous paraissent relever d'autres cultures de recherche, et le mot *didactique* n'y a pas vraiment la même acception.

Dans la liste des publications retenues figure, outre des ouvrages publiés en didactique des sciences, un texte de didactique des mathématiques qui fait référence dans son domaine et dont l'influence est nette sur certaines produc-

tions des sciences expérimentales. Nous nous sommes permis de soumettre également à cette analyse une recherche développée actuellement dans notre équipe, sur la base des documents de travail provisoires disponibles.

Ce qui nous donne la liste suivante :

- Samuel JOHSUA, Jean-Jacques DUPIN (1989). *Représentations et modélisations : le « débat » scientifique dans la classe et l'apprentissage de la physique.*
- Guy CALANDE, Cécile DE BUEGER-VANDER BORGHT, Sabine DARO, Jos NUTTIN, Lucien VANHAMME (1990). *Plaisirs des sciences. Didactique des sciences et autonomie dans l'apprentissage. L'immunologie : un prétexte.*
- Jean-Louis MARTINAND (1986). *Connaître et transformer la matière.*
- Guy BROUSSEAU (1986). "Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques", *in* : *Recherches en didactique des mathématiques*, 7.2.
- Guy RUMELHARD (1986). *La génétique et ses représentations dans l'enseignement.*
- Brigitte PETERFALVI (dir.) (en cours). *Recherche sur les objectifs-obstacles et les situations d'apprentissage autour du concept de transformation de matière (ROOSA).*

Les questions problématiques

À l'occasion de la lecture comparée de ces publications, nous avons progressivement élaboré sept questions problématiques, qui nous ont paru intéressantes pour bien rendre compte de la diversité des paradigmes de recherche. Et nous nous sommes efforcés d'établir comment chaque recherche peut être située par rapport à chacune des questions. C'est ici que la prudence s'impose et que la part interprétative sera non négligeable. Car, si certaines questions ont pu être traitées avec les données contenues dans les textes des chercheurs, pour d'autres il a été nécessaire de procéder à des inférences interprétatives que nous livrons comme telles, qui ne figurent pas directement dans les textes, mais qui ont pu être étayées par ce que nous savions par ailleurs des positions des auteurs. La théorisation des divers projets de recherche est en effet très inégalement développée, pouvant faire l'objet de larges développements ou rester fortement dans l'implicite.

Nous nous sommes pourtant efforcés, au mieux du possible, de rester proches des données analysées. Rappelons, encore une fois, que les publications retenues l'ont été à titre « prototypique » pour que l'analyse soit assez concrètement fondée, mais qu'en réalité notre but, à terme, concerne une meilleure caractérisation des recherches en didactique des sciences.

situer chaque
recherche par
rapport à sept
questions

(1) *Les problèmes de l'enseignement scientifique qui motivent la recherche*

la recherche n'est jamais gratuite

La première question que nous nous sommes posée concerne les relations qu'entretient la recherche didactique avec les problèmes de l'enseignement des sciences. L'hypothèse qui nous a ici guidés est que d'une certaine manière, la recherche n'est jamais « gratuite », même quand elle se veut purement descriptive. L'histoire fait déjà percevoir que ces liens existent et que la recherche naît, plus souvent qu'on ne le dit, sur la base d'une entreprise d'innovation ou de renouvellement curriculaire, avec les besoins de formation qui leur sont associés.

elle part d'un problème rencontré par la pratique

L'idée est qu'au-delà de la liberté du chercheur et du « détour » qu'est nécessairement toute recherche, il doit être possible d'identifier - voire de reconstituer - un problème rencontré par la pratique, qui lui sert de fondement originnaire. Cela ne signifie aucunement que les questions de recherche soient situées dans le droit fil des problèmes pratiques. Au contraire, on sait bien ce que la didactique doit, en règle générale, opérer comme **rupture** avec la compréhension pédagogique quotidienne, mais cela n'empêche pas de tenter de retrouver la « trace » de ce qui a pu initialement (et peut-être inconsciemment) orienter l'intérêt de recherche dans telle direction. Mais selon les recherches, l'aspect critique des pratiques existantes d'enseignement est plus ou moins développé, plus ou moins explicite.

(2) *Le choix du contenu d'enseignement*

les raisons des choix de contenu peuvent diverger

Une autre question, plus naturelle peut-être, concerne le statut du contenu d'enseignement sur lequel porte la recherche. *A priori*, ce contenu occupe une position centrale si l'on admet que le critère majeur qui oppose la didactique à la pédagogie, c'est justement ce fait de prendre comme point de vue directeur de la recherche celui des contenus. Pourtant, il semble que leur prégnance, et surtout la raison de leur sélection, puissent être assez divers selon les publications. Ainsi, la situation des concepts immunologiques dans l'ouvrage de Calande et al. (les auteurs parlent eux-mêmes d'un *prétexte*) n'est pas la même que celle des concepts génétiques chez Rumelhard.

(3) *L'objet de la recherche*

dégager des invariants

Toute recherche vise à dégager de la diversité des situations analysées, des éléments aussi « invariants » que possible, dont on puisse dire qu'ils construisent de nouveaux savoirs. La diversité des sciences humaines montre que ces savoirs peuvent être d'ordres très divers, et cela est constitutif même de chacune des disciplines. Mais dans tous les cas, quelque chose a pu être stabilisé, qui permet de reconnaître une structure, de décrire un ordre ou de donner du sens, là où régnait en apparence un désordre anémique. C'est ce que nous nous efforcerons de dégager.

des situations didactiques qui diffèrent suivant les recherches

L'objet de la recherche peut être la description de situations d'enseignement courantes dont on cherche à faire ressortir certaines caractéristiques nouvelles ou l'élaboration de séquences didactiques d'un certain type, ou encore la construction d'outils, d'indicateurs, de modèles... Il peut aussi avoir une visée, plus théorique, d'analyse *a priori* de la matière enseignée, avec son histoire et son épistémologie.

(4) Les méthodologies de recherche

Ce point concerne la diversité des types de recherches ainsi que leurs méthodologies d'analyse, mais aussi la nature des rapports qui s'établissent entre les chercheurs et les acteurs du système didactique.

(5) Les concepts didactiques centraux

des concepts élaborés par la recherche ou antérieurement

On identifiera ici les concepts didactiques qui fonctionnent dans la recherche et servent de grille pour la lecture des données empiriques, ou pour l'élaboration de nouvelles situations didactiques. Pour fixer les idées, citons ceux de **transposition didactique**, de **représentation** ou d'**objectif-obstacle**, bien développés ces dernières années. Il peut s'agir soit de concepts spécifiquement élaborés dans le cadre de la recherche, soit d'emprunts explicites à un champ théorique extérieur, soit tout simplement de concepts en usage qui peuvent être repérés.

(6) Les produits de la recherche

« objets trouvés » de nature très variable

Toute recherche - en tout cas toute recherche aboutie qui fait l'objet d'une publication - doit conduire à trouver quelque chose ! Il s'agira donc ici de voir comment ont été construits des produits et des résultats plus ou moins conformes à ce qui en était attendu au point (3). Évidemment, la nature de ces « objets trouvés » par la recherche peut être excessivement variable. Il peut s'agir de résultats empiriques, qualitatifs ou quantitatifs, ou de l'interprétation des données analysées. Il peut s'agir aussi d'une production à caractère théorique, sous forme d'un concept nouveau, décrit ou rectifié sur la base d'exemples traités.

(7) Les orientations propositionnelles pour l'enseignement

les caractéristiques de l'enseignement issu de la recherche

Cette dernière question fait écho à la première, mais pourtant s'en distingue. Il ne s'agit plus d'examiner l'enseignement **à l'amont**, avec les problèmes qu'il pose et qu'il faut transformer en question de recherche, mais l'enseignement **à l'aval**. On s'interrogera donc ici sur les caractéristiques que présente (ou présenterait) un enseignement scientifique issu de la recherche, ou inspiré par elle. Là encore, nous prendrons quelquefois le risque de « faire parler » les publications plus qu'elles n'en disent explicitement, dans la perspective d'un débat ouvert.

LES « FICHES DE LECTURE »

Nous nous proposons de reprendre maintenant sous forme de « fiches de lecture » les six textes retenus que nous soumettrons systématiquement aux questions problématiques définies ci-dessus.

Samuel JOHSUA, Jean-Jacques DUPIN

Représentations et modélisations : le « débat » scientifique dans la classe et l'apprentissage de la physique

Berne : Peter Lang, 1989

Présentation succincte

De nombreuses études antérieures ont mis en évidence le rôle joué par les conceptions premières des élèves dans les apprentissages scientifiques. Celles-ci peuvent se constituer en véritables obstacles épistémologiques, particulièrement résistants et durables. Les auteurs s'attachent à clarifier les contraintes qui pèsent sur l'enseignement de la physique, pour délimiter un espace de choix possibles. L'ouvrage rend compte d'une expérimentation didactique concernant l'enseignement de l'électrocinétique à des niveaux élémentaires (élèves de 11 à 14 ans). Après la présentation d'hypothèses didactiques générales sur la transmission des connaissances et les représentations, est conduite une étude précise des modes de raisonnement des élèves concernant le domaine traité. L'expérimentation didactique porte essentiellement sur l'introduction d'une physique explicative par le biais de nouvelles modélisations proposées, sur les modalités d'un débat véritable dans la classe et sur la modification du rapport à l'expérimental.

(1) Problèmes de l'enseignement scientifique

Les auteurs s'appuient sur des recherches antérieures qui ont permis d'établir un constat largement partagé : de nombreux obstacles épistémologiques résistent à l'enseignement d'une façon diachronique. Selon eux la raison de cette résistance serait que les modalités classiques d'enseignement n'en nécessitent pas le dépassement par les élèves, voire qu'elles créent elles-mêmes des obstacles didactiques surnuméraires.

(2) Choix du contenu d'enseignement

Le choix a été fait d'un contenu assez délimité du point de vue des programmes, dont on sait qu'il fait difficulté pour les pratiques d'enseignement classiques (l'électrocinétique). Mais c'est un contenu au sujet duquel des résultats de recherche sont déjà disponibles, lesquels permettent de mieux cerner des « noeuds de difficulté » et des obstacles à travailler et ainsi d'avancer davantage dans des traitements didactiques alternatifs.

(3) Objet de la recherche

L'objet de la recherche consiste à mettre au point des situations didactiques nouvelles, précisément centrées sur des obstacles que l'enseignement tend d'ordinaire à contourner sinon à développer. Les auteurs décrivent rigoureusement les stratégies didactiques développées, de telle sorte qu'elles soient reproductibles (perspective d'ingénierie didactique).

(4) Méthodologies de recherche

L'élaboration des séquences didactiques est conduite en liaison étroite avec des enseignants associés, responsables de leur classe. Une large part de la conception semble revenir au chercheur, dont les propositions organisent le travail, même s'il est à l'écoute de l'accueil qu'elles reçoivent comme des réserves qu'elles suscitent.

(5) Concepts didactiques centraux

Un certain nombre de concepts sont empruntés à la didactique des mathématiques, et appliqués ici de façon souple pour celle de la physique. Par exemple, il est largement fait usage de l'idée que l'enseignant est tributaire d'un **système didactique**, qui pèse largement sur lui et surdétermine largement ses actions et décisions. Le concept de **contrat didactique**, au sens très particulier qui lui a été donné en mathématique en est le corollaire.

Les auteurs dénoncent par ailleurs l'idéologie empiriste qui règne encore dans l'enseignement des sciences physiques. Ils récuse qu'existe une méthode « naturelle » d'apprentissage, prétendu reflet silencieux de la « méthode de découverte ». Ils privilégient une hypothèse d'artificialité de la situation didactique, ce qui les ouvre à l'usage de modélisations originales. Ils s'efforcent d'introduire le « débat scientifique » dans les classes, préférant la validation à la monstration.

(6) Produits de la recherche

Une organisation de séquences est construite, qui permet l'élaboration d'une modélisation originale des circuits électriques (analogie du train). Ce modèle est créé *de novo* pour les besoins didactiques sans présenter d'équivalent dans la science achevée et la recherche en montre l'efficacité d'usage.

(7) Orientations propositionnelles pour l'enseignement

L'enseignement scientifique peut faire son profit de « bonnes » situations didactiques, que la recherche a précisément permis de « calibrer », en empêchant le fréquent contournement des obstacles par les élèves. Une vigilance particulière est accordée aux obstacles didactiques, afin d'éviter que les élèves ne soient conduits à mobiliser des analogies spontanées, dont on sait qu'elles font facilement obstacle. L'important, c'est que l'enseignement construise correctement quelques concepts physiques, d'une manière suffisamment opératoire pour que les élèves saisissent à cette occasion ce qu'est vraiment la physique.

Guy CALANDE, Cécile DE BUEGER-VANDER BORGHT et al.
*Plaisirs des sciences. Didactique des sciences
 et autonomie dans l'apprentissage*
L'immunologie : un prétexte
 Bruxelles, Paris : De Boeck / Éd. Universitaires. 1990

Présentation succincte

Cet ouvrage s'inscrit dans la perspective d'une pratique de classe ayant pour objectif de former l'élève à décoder et à gérer les informations scientifiques transmises par différentes sources. Les auteurs se sont centrés sur l'enseignement de la biologie, et plus particulièrement sur l'élaboration et l'expérimentation d'une démarche didactique consacrée à l'immunologie. Cette démarche, dont le compte rendu constitue l'essentiel de l'ouvrage, consiste en une suite de situations d'enseignement permettant une confrontation entre l'apport d'informations déjà élaborées et le « déjà-là » de l'élève, situations qui utilisent les potentialités de la classe (produire des idées, communiquer, décider ...) et respectent les rythmes et les styles de travail propres à chacun. Différents aspects de l'enseignement « traditionnel » apparaissent remis en question, notamment le rapport qu'enseignants et élèves entretiennent habituellement avec le savoir.

(1) Problèmes de l'enseignement scientifique

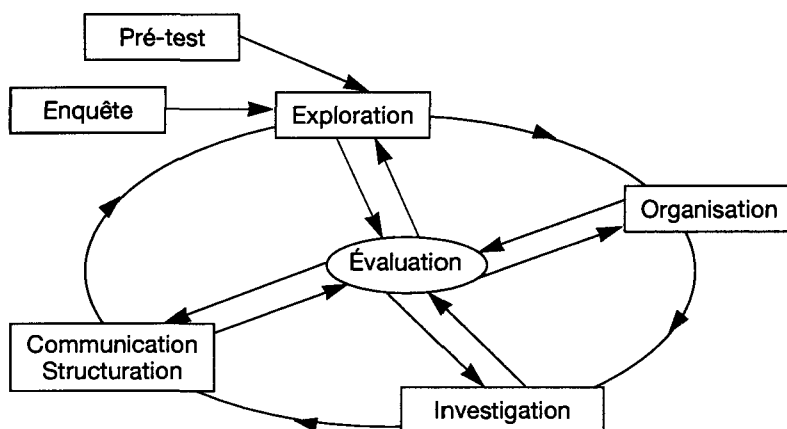
Le problème pointé est que les connaissances scientifiques des élèves sont insuffisamment ancrées dans leur savoir personnel et social, si bien que la formation scientifique ne les conduit pas à être capables d'extraire des problèmes scientifiques des situations vécues. Du coup, cela génère chez eux un certain désintérêt.

(2) Choix du contenu d'enseignement

Le contenu est explicitement choisi comme un « prétexte », particulièrement favorable pour traiter, à travers un contenu scientifique précis (ici l'immunologie), des capacités générales qui sont actualisées dans ce domaine et qui mettent en jeu des savoirs personnels et sociaux. Le point de vue est donc plutôt méthodologique et ne vise pas à introduire une discussion critique du savoir établi.

(3) Objet de la recherche

On vise à élaborer un modèle d'enseignement, qui fonctionne sur une période relativement longue. Plusieurs modes d'activité didactique sont distingués, et intégrés dans un modèle qui est expérimenté dans les classes. Le projet a une finalité propositionnelle, l'expérimentation visant surtout à exemplifier le modèle, à le faire « tourner ».



(4) Méthodologie de recherche

Il s'agit d'une forme de recherche-action, développant des « innovations contrôlées ». Une proposition initiale est faite pour planifier les actions didactiques, sur la base de laquelle l'inventivité didactique des enseignants est largement sollicitée en vue de la mise en œuvre, avec le souci d'une diversité de variantes. L'ensemble des essais est capitalisé et récapitulé, par l'usage des mêmes descripteurs, permettant de réaliser ce que les linguistes nommeraient un processus de « tabularisation » (mise en tables ou en tableaux).

(5) Concepts didactiques centraux

Les concepts mis en avant portent sur des **capacités transversales** du questionnement scientifique et de l'investigation autonome (exploration, organisation, structuration, communication), ce qui est en relation avec le caractère **prétexte** du contenu. De même est au cœur du travail l'idée d'un **ancrage fonctionnel** dans les problèmes quotidiens de vie et de société en rapport avec le savoir scientifique (rapport expert-citoyen).

(6) Produits de la recherche

C'est la faisabilité d'une démarche pédagogique - expérimentée en grandeur réelle - qui se trouve affinée par les essais didactiques, autour d'un modèle initial d'activités successives. Les auteurs illustrent, sur des exemples précis, ce que les hypothèses initiales promouvaient, avec les réussites de fonctionnement et les problèmes posés. Ce que produit la recherche c'est l'organisation d'un ensemble structuré et raisonné de séquences, davantage peut-être que la construction de séquences particulières.

(7) Orientations positionnelles pour l'enseignement

L'enseignement valorisé par ce travail s'appuie sur une démarche qui recherche davantage les continuités que les ruptures entre la science et la vie quotidienne. La dimension constructiviste de l'apprentissage porte davantage sur le sujet apprenant, avec ses étapes intellectuelles et ses processus, que sur l'objet d'enseignement (nécessité d'une investigation personnelle, construction de références pour analyser les problèmes de vie à partir d'un cadre scientifique).

Jean-Louis MARTINAND

Connaitre et transformer la matière

Berne : Peter Lang, 1986

Présentation succincte

L'ouvrage s'appuie sur trois études de cas : un projet d'initiation aux techniques de fabrication mécanique, la notion d'élément dans le programme de chimie de cinquième et un projet d'initiation aux propriétés mécaniques des matériaux. L'auteur y précise les problèmes qui se posent lorsqu'on cherche à expliciter la signification d'intentions générales lors de choix de contenus d'enseignement, lorsqu'on veut passer du programme officiel à l'élaboration détaillée du contenu conceptuel correspondant, lorsqu'on veut déterminer les buts et phases d'une progression. Les réponses apportées sont d'abord conceptuelles puisque l'auteur remet en question le mode habituel de caractérisation des objectifs (il propose de passer d'objectifs possibles à la notion d'objectif-obstacle) et introduit le concept de pratiques sociales de référence pour penser des situations didactiques diversifiées pour la première initiation scientifique, à l'école élémentaire et au collège. Des essais en situation didactique ont permis cette élaboration et appuient les propositions présentées.

(1) Problèmes de l'enseignement scientifique

Les activités scolaires sont trop exclusivement référées au savoir universitaire, ce qui les limite à un spectre étroit de possibles. Cette limitation du savoir à une forme académique appauvrie, dont l'univers social est exclu, conduit à négliger des objectifs importants, peut-être même parmi les plus essentiels.

(2) Choix du contenu d'enseignement

L'introduction d'objets d'enseignement nouveaux (les techniques de fabrication mécanique, l'élément chimique, la dureté), a été choisie parce qu'ils empêchent de laisser jouer, comme ailleurs, les traditions pédagogiques. Ils permettent de poser d'une façon démonstrative et aigüe certains problèmes de recherche.

(3) Objet de la recherche

L'objet de la recherche est de voir comment introduire en classe de nouvelles pratiques sociales, susceptibles de servir de référence pour l'enseignement. C'est aussi de rechercher des outils et des indicateurs qui permettent aux enseignants de prendre des décisions didactiques mieux fondées, concernant :

- l'interprétation des difficultés que rencontrent les élèves aux prises avec une tâche ;
- les décisions curriculaires (au moment de la préparation) ;
- les interventions individualisées auprès des élèves pour qu'elles soient pertinentes en regard des transformations intellectuelles visées.

(4) Méthodologies de recherche

Le travail s'appuie sur des « essais-évaluation » effectués avec des enseignants volontaires. Diverses informations sont prélevées sur les caractéristiques de ces séances ainsi que sur la façon dont elles ont été perçues par les enseignants.

(5) Concepts didactiques centraux

Plusieurs concepts didactiques ont été élaborés et testés à propos de cette recherche, notamment ceux d'**objectif-obstacle**, de **pratiques sociales de référence**, et de **modes d'activité didactique**. Ces concepts visent, sur la base des exemples analysés par la recherche, à promouvoir et générer de nouvelles situations didactiques.

(6) Produits de la recherche

Ces concepts créés *de novo* constituent les véritables produits de la recherche. Ils sont utilisés pour mieux conceptualiser les deux axes majeurs de la didactique : celui qui concerne les prises de décisions pédagogiques et les modalités d'intervention auprès des élèves, celui qui oriente les décisions de nature curriculaire.

(7) Orientations propositionnelles pour l'enseignement

L'idée est que l'enseignement scientifique (école et début du collège) ne peut pas s'organiser autour d'un programme rigide et fermé. Mais pour rester « ouvert », il faut mettre à la disposition des enseignants des instruments qui facilitent décisions et régulations.

Guy BROUSSEAU

“Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques”,

in : *Recherches en didactique des mathématiques*, 7.2

Grenoble : La Pensée sauvage. 1986

Présentation succincte

Ce long article constitue en réalité le chapitre théorique de la thèse défendue par l'auteur, qui présente de façon synthétique la problématique de la didactique des mathématiques telle qu'il l'a définie et qui donne sens aux diverses études de cas. Sont d'abord définis un certain nombre de phénomènes didactiques fréquents qui affectent les situations d'enseignements (« effets »). Pour optimiser les apprentissages mathématiques, l'auteur propose les éléments théoriques, en introduisant les idées de contrat didactique et de dévolution dont il souligne les paradoxes. Une modélisation des situations didactiques et a-didactiques est ensuite présentée, autour de la théorie des jeux, montrant les transformations du statut des concepts mathématiques au cours du déroulement didactique (théorie des situations didactiques).

(1) Problèmes de l'enseignement scientifique

Le fonctionnement scolaire des savoirs est analysé au travers d'un certain nombre d'« effets », que l'auteur a nommé *effet Topaze*, *effet Jourdain*, *effet Dienes*, *glissement métacognitif*... Ces effets provoquent des sortes d'évitement de l'apprentissage et ils empêchent les élèves de disposer d'un savoir mathématique à dimension opératoire.

(2) Choix du contenu d'enseignement

Les contenus spécifiques paraissent assez indifférents dès lors qu'ils gardent comme caractéristique d'être peu axiomatisés, pour permettre aux élèves d'entrer dans le « jeu » d'une construction de savoirs (cf. *infra*, l'idée de dévolution). Plusieurs champs conceptuels des mathématiques ont ainsi fait l'objet d'une exploration.

(3) Objet de la recherche

Le travail consiste à organiser les activités d'enseignement d'une façon telle que le caractère paradoxal de l'apprentissage puisse être pris en compte. Ce sont les élèves qui doivent être les acteurs essentiels des situations-problèmes bien qu'ils ne les aient pas choisies et alors même que l'apprentissage les met aux prises avec des obstacles qu'ils devront surmonter chemin faisant. Le projet consiste à étudier de quelle manière le maître peut jouer un rôle décisif par ses propositions, mais sans jamais se substituer à l'activité propre de la classe.

4) Méthodologies de recherche

Des séquences didactiques construites avec précision par la recherche et enchaînées dans un ordre déterminé, font l'objet d'enregistrement et d'analyses quant à la façon dont se construit le savoir.

(5) Concepts didactiques centraux

Plusieurs concepts majeurs de la didactique des mathématiques ont été introduits dans le cadre de ces travaux, notamment ceux de **dévolution** et de **contrat didactique**. Ceux-ci permettent d'analyser le fonctionnement coutumier de l'enseignement, en même temps qu'ils servent de guide à l'élaboration d'une « **théorie des situations didactiques** ».

(6) Produits de la recherche

Cette élaboration de concepts didactiques nouveaux conduit à établir, pour chaque champ conceptuel, une succession jugée optimale d'actions didactiques. Car, au-delà de la construction de séquences spécifiques d'un contenu, l'auteur cherche à valider et à instancier une succession de situations didactiques, respectivement dites d'**action**, de **formulation**, de **validation**, d'**institutionnalisation**.

(7) Orientations propositionnelles pour l'enseignement

Cette recherche conduit vers une forme d'enseignement qui s'efforce d'éviter les « fausses réussites » des méthodes traditionnelles (cf. les effets Topaze ou Jourdain), lesquelles court-circuitent l'essentiel de l'apprentissage. C'est la classe qui construit le savoir grâce à une validation interne de ses résultats. Le rôle du maître consiste à s'abstenir de se prononcer d'autorité sur le vrai et le faux, mais il intervient en proposant des règles du jeu, en modifiant le cours des activités, etc.

Guy RUMELHARD

La génétique et ses représentations dans l'enseignement

Berne : Peter Lang. 1986

Présentation succincte

En analysant les manuels d'enseignement secondaire et supérieur, ainsi que les textes officiels actuels et anciens, français ou étrangers, l'auteur étudie le système de représentations des élèves et des enseignants, concernant l'enseignement scientifique, et plus précisément la théorie génétique : qu'entend-on par concept de gène, qu'est-ce que l'hérédité, que représente l'idée de don, que recourent les lois de Mendel ? L'ouvrage s'appuie aussi pour cela sur l'analyse de questionnaires et de copies produites en situation scolaire. L'auteur réfute la possibilité d'un enseignement scientifique clair en lui-même et qu'il suffirait d'énoncer, ainsi que la réduction de l'enseignement de la biologie à des activités, malgré la place qu'occupent, dans la discipline, l'observation et l'expérimentation. Il propose de fonder véritablement l'enseignement sur des concepts, ceux-ci restant inséparables de l'analyse d'un contenu scientifique précis et délimité.

(1) Problèmes de l'enseignement scientifique

L'enseignement scientifique est centré sur les résultats de la science plus que sur son processus, et cela fait disparaître les questions, les problèmes scientifiques, les obstacles que la recherche a dû affronter. Du coup, il réorganise, en les dogmatisant, ces résultats de savoir.

(2) Choix du contenu d'enseignement

Le contenu choisi - la génétique classique - l'est pour des raisons épistémologiques. Il correspond à un concept central de la biologie choisi de façon à éviter un point de vue réductionniste (comme le serait le choix de la génétique moléculaire). C'est un domaine où interfèrent fortement idéologies et représentations sociales ; qui permet de délimiter un niveau de formulation et un champ de validité d'un concept.

(3) Objet de la recherche

Le projet consiste à analyser la matière sur le mode historico-épistémologique, pour en dégager les concepts forts, les techniques, les obstacles. La finalité de cette recherche est nettement critique (on peut parler de « didactique du soupçon ») par la dé-légitimation des pratiques établies. De ce point de vue, il transcende chaque objet de savoir pris pour lui-même. Mais la construction détaillée de situations didactiques alternatives reste à la charge des enseignants, ce qui distingue ce type de recherche des précédents.

(4) Méthodologie de recherche

L'auteur utilise de façon systématique un certain nombre d'idées-clés, telles que la vigilance face à tout réductionnisme en biologie, le parti d'examiner les modalités et les conditions des découvertes scientifiques, ou le repérage des processus de dogmatisation. Ces idées servent de « fil rouge » pour l'analyse critique, sans méthode systématique, des contenus enseignés. Parallèlement, est établi un *corpus* de textes théoriques de référence.

(5) Concepts didactiques centraux

Les concepts employés sont principalement ceux d'**obstacle épistémologique**, de **condition de possibilité** et de **représentation sociale**, en insistant sur la fonction idéologique des obstacles, autre que cognitive, avec fortes références psychanalytiques. D'origine extérieure à la didactique, ces concepts y font l'objet de développements particuliers.

(6) Produits de la recherche

Des connaissances nouvelles sont établies sur les obstacles à dépasser dans un domaine du savoir, par mise en relation des représentations des élèves et de l'analyse des concepts biologiques.

(7) Orientations propositionnelles pour l'enseignement

Un enseignement dérivé de cette recherche exerce les élèves à assimiler les questions, les obstacles, les processus, les techniques qui ont conduit aux savoirs scientifiques actuels et qui leur donnent sens. Il vise surtout le développement d'une sensibilité épistémologique chez les élèves, d'une vigilance critique vis-à-vis des données scientifiques toutes faites. Cet enseignement cherche, par une sorte d'ascèse, à réfréner toutes les facilités que s'octroie d'ordinaire la pensée.

Brigitte PETERFALVI (dir.)

Recherche sur les objectifs-obstacles et les situations d'apprentissage autour du concept de transformation de matière
 (recherche en cours, conduite par l'équipe de didactique des sciences expérimentales de l'INRP)

Présentation succincte

Cette recherche étudie les apprentissages scolaires autour du concept de transformation de matière, qui est transversal à la biologie et à la physique-chimie. Elle analyse le réseau des obstacles épistémologiques, psychologiques et pédagogiques qui s'y rattachent et s'efforce de préciser les conditions et les étapes de leur franchissement didactique. Parallèlement, est envisagée une diversité de dispositifs didactiques, qui sont mis en relation avec ce travail d'obstacles. La recherche s'appuie, pour cela, sur des études de cas, développés à des niveaux de classes contrastés de l'école, du collège et du lycée, et doit conduire à des productions analysées de séquences didactiques qui résultent de ces analyses.

(1) Problèmes de l'enseignement scientifique

Il est prématuré de penser, comme certains didacticiens des sciences, que l'usage didactique des représentations a échoué ou se révèle impossible. Car en fait, on ne s'est pas vraiment donné les moyens de faire réussir cette direction de recherche. Les difficultés rencontrées seraient d'abord liées à la formation des enseignants.

(2) Choix du contenu d'enseignement

Le domaine conceptuel de la transformation de la matière a été choisi en raison de son caractère transversal, recoupant la physique, la chimie et la biologie. Or, justement, ce qui caractérise les obstacles, c'est qu'ils ne correspondent pas aux cadres disciplinaires, mais les débordent. Au contraire, le travail didactique des obstacles (quand il existe) en reste prisonnier. Du coup, les élèves apprennent dans le cadre de la coutume didactique de chaque discipline et ne font pas les « ponts ».

(3) Objet de la recherche

L'ensemble des obstacles rencontrés par les élèves est analysé à partir des représentations repérées. On examine la manière dont ils sont constitués en réseau dynamique et fonctionnel, qui les conforte mutuellement et assure le maintien inchangé des représentations. La recherche vise à construire des séquences d'enseignement centrées sur le dépassement de ces obstacles au long de la scolarité et au travers des disciplines. Ces séquences et leurs effets font ensuite l'objet d'analyses précises.

(4) Méthodologies de recherche

Le travail est conduit d'une manière participative, en associant des enseignants de différents niveaux de classes, à l'école, au collège, et au lycée. L'accent est mis sur l'invention par les maîtres d'une diversité de dispositifs didactiques, régulée par l'installation d'un cadre théorique (perspective d'innovation contrôlée).

(5) Concepts didactiques centraux

Sont au coeur de la recherche les concepts de **représentation**, d'**obstacle** et d'**objectif-obstacle**. Mais aussi, d'autres qui aident à l'élaboration de dispositifs, tels que **conflit socio-cognitif** ou **métacognition**.

(6) Produits de la recherche

Les produits de la recherche seront de deux ordres. D'une part, sur le plan théorique, l'idée de franchissement d'obstacle se trouve affinée (avec le repérage de moments conceptuellement et temporellement différents) et l'usage des objectifs-obstacles se diversifie par rapport à leur sens chez Martinand. Par ailleurs, l'ensemble des dispositifs d'enseignement, accompagnés de leur analyse didactique, constitueront un corpus de ce qui s'avère possible en ce domaine, sans se limiter au conflit socio-cognitif (souvent seul - et parfois mal - sollicité).

(7) Orientations propositionnelles pour l'enseignement

L'enseignement issu de cette perspective de recherche articulerait ce qui est souvent opposé : la rigueur dans la conception des séquences de classe mais leur nécessaire souplesse d'adaptation (perspective dite du « souple-dur »). C'est cette rigueur d'adéquation fine à la réalité pédagogique, cadrée par une analyse théorique qui confère son sens à l'action, qui fait grandement défaut dans la formation des maîtres.

CONCEPTIONS DE LA DIDACTIQUE « ENGAGÉES » PAR CES RECHERCHES

Il nous paraît possible, au terme de ces présentations successives, de suggérer diverses conceptions de la recherche en didactique qui s'y trouvent engagées. Encore une fois, nous sommes conscients du caractère délicat de l'entreprise, étant donné sa nature largement interprétative. Étant donné aussi qu'il est difficile de se garder de toute projection de son point de vue de chercheur comme de ses pratiques de recherche. Rappelons, de surcroît, que l'analyse proposée porte spécifiquement sur les travaux analysés et n'« étiquette » en rien les auteurs comme tels.

un éloge de la
diversité

Malgré ces risques évidents, la tentative nous a paru utile, dans le but de montrer le large spectre des recherches dans le domaine. L'intention n'est pas celle d'une catégorisation, mais bien celle d'un « éloge de la diversité ». La didactique des sciences est encore jeune, avec des caractéristiques théoriques et méthodologiques qui sont loin d'être stabilisées. À supposer d'ailleurs qu'elles puissent l'être vraiment et qu'il ne s'agisse pas là d'une caractéristique permanente du champ. Les tentatives qui pointent çà et là pour le régenter sont pour le moins prématurées, en tout cas assurément réductrices.

« La didactique c'est ... »

Tentons donc, en quelques phrases, d'indiquer quelles paraissent être les caractéristiques principales de la recherche en didactique dans les ouvrages étudiés.

La recherche en didactique c'est ...

Pour Johsua et Dupin (1988)

un modèle
scientifique
original

... C'est établir un modèle scientifique original pour l'enseignement d'un concept et construire rigoureusement des situations didactiques nouvelles, dont on étudie l'acceptabilité par les partenaires, enseignants et élèves.

Pour Calande, De Bueger et al. (1990)

diverses
réalisations d'un
modèle
pédagogique

... C'est décrire diverses réalisations, par des enseignants associés, d'un modèle pédagogique préalablement défini avec eux, qui se trouve de la sorte, exemplifié, affiné et enrichi de nombreuses variantes.

Pour Martinand (1986)

nouveaux outils
théoriques

... C'est élaborer de nouveaux outils théoriques qui renouvellent les « grilles de lecture » des situations d'enseignement et qui orientent les modes d'intervention des professeurs ainsi que les prises de décision curriculaires.

cadre théorique prescriptif

Pour Brousseau (1986)

... C'est construire un cadre théorique prescriptif, avec une volonté scientifique affichée, en mettant les modalités d'enseignement sous contrôle précis de la recherche, dans le but d'optimiser le processus d'apprentissage et de supprimer les fréquents « évitements » qui ont pu être analysés.

analyse épistémologique approfondie

Pour Rumelhard (1986)

... C'est développer une perspective critique par une analyse épistémologique approfondie, la sensibilisation aux obstacles étant partie intégrante de la culture scientifique (des enseignants et des élèves) et éclairant les conditions de possibilité des apprentissages. Mais les dispositifs précis restent à construire par chacun.

séquences d'enseignement diversifiées

Pour Peterfalvi et al. (en cours)

... C'est traduire un modèle didactique complexe, développé par des recherches antérieures, en séquences d'enseignement diversifiées, construites par des équipes de professeurs associés, puis analysées collectivement du point de vue des objectifs de la recherche.

Quelques dimensions d'analyse

grande diversité des perspectives

Il ressort de ce parcours rapide une grande diversité des types de recherches malgré le nombre limité de textes étudiés. Le panorama s'élargirait encore si l'on étendait le champ à des publications d'André Giordan et de Philippe Jonnaert, des équipes du LIREST ou du LDPES par exemple. On oscille de la volonté à fonder la didactique comme une science avec ses exigences (Brousseau) à des pratiques beaucoup plus participatives, associant diversement les enseignants. On peut parler d'**innovations contrôlées** quand la créativité des professeurs est fondée sur un fort cadre propositionnel initial (Calande et De Bueger, Peterfalvi et al.), ou encore d'**essais-évaluations** selon la terminologie de Martinand. Mais d'autres travaux sont à dominante interprétative, fondés sur des études de cas ou sur l'analyse d'un corpus, dont on cherche à dégager le sens. On peut alors parler de recherches **herméneutiques** (2) (Martinand, Peterfalvi et al.). Dans d'autres cas encore, la perspective est beaucoup plus théorique et s'efforce, en priorité, de clarifier des préalables épistémologiques ou conceptuels afin de modifier en profondeur les perspectives pédagogiques traditionnelles (Rumelhard).

(2) Je renvoie ici, sans pouvoir les développer, aux distinctions que j'ai proposées dans : "Trois paradigmes pour les recherches en didactique", in : *Revue française de pédagogie*, 103. 1993.

Mais il est clair qu'une même recherche peut fort bien ressortir de plusieurs de ces registres, qui constituent moins une partition que des dimensions d'analyse.

perspective
expérimentale
assez rare

Nous n'avons pas rencontré ici de travaux à caractère expérimental, mais notre corpus est partiel ; l'ouvrage de Philippe Jonnaert : *Conflits de savoirs et didactique*, pourrait en être le représentant. Mais il faut reconnaître que, très globalement, les publications de didactique des sciences en langue française relèvent peu de ce paradigme. Même quand est affirmée la volonté de rendre scientifique la recherche, c'est plutôt aux sciences humaines qu'on se réfère, en préférant s'appuyer sur des problématiques fortes que sur des méthodes comparatives, souvent illusoire en ce domaine.

• **Descriptif ou prescriptif ?**

un peu de
descriptif

Si peu de travaux s'affirment descriptifs, certains contiennent néanmoins des éléments à caractère descriptif, qu'il s'agisse de la description des procédures pédagogiques standard dont la recherche se démarque (Brousseau, Rumelhard) ou de celle des situations mises en place (Calande et De Bueger, Martinand, Peterfalvi et al.).

un peu de
prescriptif

Pourtant, les éléments indirectement prescriptifs ne sont pas absents pour autant. Ils résultent soit des présupposés que les auteurs annoncent et dont les exemples décrits militent pour la faisabilité (Calande et De Bueger, Peterfalvi et al.), soit des résultats scientifiques étayés, dont la force peut paraître s'imposer.

trois registres :
spéculatif,
praxéologique,
axiologique

Inévitablement, les recherches didactiques oscillent entre trois registres. Leur volonté de produire des données fiables, comme toute autre science (registre spéculatif) se combine avec une autre dimension, plus proche des « sciences de l'action » (registre praxéologique). De surcroît, elles sont nécessairement porteuses de valeurs, formatives et éducatives (registre axiologique). Mieux vaut assumer cette situation - inconfortable mais inévitable - et préciser autant que faire se peut la part intentionnelle du projet et de ses effets, laissant les enseignants mieux éclairés mais libres de leurs propres choix. À défaut, la volonté scientifique muterait vite en idéologie, au sens que Canguilhem a donné à ce terme : une idéologie *louche du côté d'une science dont elle reconnaît le prestige et dont elle cherche à imiter le style*. Car une idéologie ne fonctionne efficacement qu'à l'état masqué, rendue invisible par une sorte de « naturalisation ». Et dans nos sociétés, l'habillage scientifique est des plus efficaces de ce point de vue.

• **Théorique ou pragmatique ?**

Une autre distinction, qui ne recoupe pas exactement la précédente, concerne le caractère théorique ou pragmatique des cadres de recherche. Calande et Martinand par exemple,

perspective
pragmatique :
but ou base
d'analyse ?

qui se rejoignent quant à l'insertion d'éléments descriptifs issus des pratiques mises en place par des enseignants volontaires, s'opposent assez nettement en vertu de ce nouveau critère. Les études de cas sont, pour elles-mêmes, au cœur des analyses du premier, quand elle servent d'abord au second à fonder les concepts didactiques qu'il introduit (pratique sociale de référence, objectif-obstacle).

fondement
théorique ou
produits
théoriques ?

L'« armature » théorique est elle-même variée, constituée dans des proportions différentes, chez Rumelhard, Martinand et Brousseau, d'éléments empruntés et appliqués, et d'autres spécifiquement construits. De plus, le caractère théorique peut correspondre au fondement initial de la recherche, déterminant en quelque sorte ses hypothèses de travail (Peterfalvi et *al.*), ou bien plutôt en constituer des produits essentiels (Martinand). Mais là encore, les choses ne sont pas exclusives.

• Critique ou propositionnel ?

visée critique
rarement
première toujours
présente

Peu nombreuses sont les recherches en didactique des sciences dont la visée se présente comme d'abord critique (Rumelhard), le mot critique devant être entendu dans son sens fort d'examen approfondi de présupposés ou de pratiques largement admis. Pourtant, il est rare que cette fonction ne soit pas remplie d'une façon ou d'une autre : soit par la distance prise avec les formes pédagogiques dominantes, soit surtout parce que le travail de recherche conduit souvent à des remises en questions, chemin faisant. Comme le dit Vergnaud, on imagine souvent naïvement que la didactique propose de nouveaux dispositifs d'enseignement, « à contenus constants », mais c'est là une vue de l'esprit.

caractère
propositionnel
très inégal
suivant les
auteurs

Par contre, le caractère propositionnel est inégalement distribué. Entre les publications qui s'interdisent les alternatives élaborées pour ne pas se substituer au métier spécifique de l'enseignant (Rumelhard) et celles qui concluent sur des organisations didactiques spécifiées (Brousseau, Johsua et Dupin), notons celles qui en restent à des directions générales, qui proposent des exemples sans valeur normative (Peterfalvi et *al.*, Calande et De Bueger), qui fournissent des critères pour les prises de décision pédagogiques (Martinand).

sur le terrain, les
propositions sont
soumises à des
ajustements
personnalisés

Mais quelles que soient les préférences des auteurs, il reste que le métier d'enseignant intègre constitutivement de multiples « micro-décisions » prises dans l'instant, sans possibilité de se référer constamment à un modèle général de l'action. C'est d'ailleurs le cas pour les divers *métiers impossibles* évoqués par Freud, tels que éduquer, gouverner et soigner (thérapie). De telle sorte que les propositions les mieux élaborées et « calculées » ne peuvent que faire l'objet de reprises personnalisées. Cela conduit presque naturellement les recherches à se poser comme ressources pour les

formateurs et les maîtres innovateurs, ressources qui gagnent à être diversifiées, pour une gestion satisfaisante de la complexité des systèmes didactiques.

Jean-Pierre ASTOLFI
Université de Rouen
Équipe de didactique des
Sciences Expérimentales
INRP