

SUR LA CARACTERISATION DES OBJECTIFS DE L'INITIATION AUX SCIENCES PHYSIQUES

Jean-Louis Martinand

Cet article est principalement constitué de larges extraits du texte de synthèse rédigé par Jean-Louis Martinand, pour présenter les lignes de force de sa thèse d'état soutenue en mai 1982 à l'Université d'Orsay.

A partir de ses pratiques d'innovation et de recherche conduites dans trois domaines :

- *l'élaboration d'un enseignement sur les techniques de fabrication pour les élèves de 13 - 14 ans.*
- *une réflexion sur la notion d'élément chimique en 5ème*
- *l'approche de la notion de dureté en 6ème,*

il dégage deux notions-clés pour la didactique des sciences physiques : celle de pratiques sociales de référence et celle d'objectif-obstacle.

La recherche en didactique des sciences et techniques en est à ses premiers développements. Ses objets, ses notions, ses méthodes et ses produits sont donc en évolution rapide, l'exploration abordant de multiples problèmes. Si l'on peut voir se dessiner quelques domaines et démarches privilégiés, il n'est pas possible d'en fixer dès maintenant les caractéristiques pour l'avenir. Dans ces conditions, une recherche ne s'inscrit pas forcément d'abord dans une lignée commandée par les sujets d'étude ou les techniques, mais se trouve insérée dans un réseau de besoins et de préoccupations beaucoup plus vaste, qui va de la réflexion sur la science aux innovations dans son enseignement. Il nous paraît donc nécessaire d'examiner de ce point de vue les circonstances qui conditionnent notre propre travail.

RECHERCHE DIDACTIQUE ET RENOVATION DES ENSEIGNEMENTS.

. La rénovation des contenus.

Dans les années 70, un important mouvement de rénovation de l'enseignement des sciences physiques et de la technologie a touché les lycées, les collèges et l'école primaire. Il s'est traduit par la modernisation et la refonte des contenus enseignés et l'introduction beaucoup plus précoce d'une initiation scientifique et

technique, dès le Cycle préparatoire sous forme d'activités d'éveil et, en 6ème et 5ème, avec les sciences physiques.

deux finalités de
l'initiation scientifique

A ces niveaux de l'enseignement un débat fondamental émerge de la comparaison des tendances internationales de cette rénovation, révélant deux buts très différents de l'initiation scientifique : développer la personnalité des enfants à travers des activités scientifiques (comme dans *Sciences de 5 à 13 ans pour l'Angleterre*) ou réaliser une première formation scientifique pour acquérir des connaissances précises (comme dans les unités de physique pour l'école moyenne conçues à Kiel en Allemagne). Ces deux tendances plus ou moins compatibles se retrouvent dans les propositions du Groupe de travail de la Commission Lagarrigue, par exemple avec les "modules" d'initiation aux sciences et techniques en 4ème et 3ème (astronomie, chimie, électronique, photographie, polymères, automatismes, techniques de fabrication). La volonté d'en faire la synthèse est à la base des travaux et publications de l'équipe de recherche en didactique des sciences de l'INRP, comme le n° 74 de la collection *Recherches Pédagogiques* dont nous avons assuré la coordination (1).

l'intérêt de la notion
d'objectif

Mais l'existence même de ces deux tendances impose de prendre en compte à la fois des aspects pédagogiques ou même psychologiques et sociologiques et les contenus scientifiques, lorsqu'on propose une initiation scientifique pour des enfants que les professeurs de sciences, et spécialement les physiciens, n'ont pas l'habitude d'avoir devant eux. En effet, les enseignants de lycée ou d'université raisonnent surtout en termes de programmes : quels sont les sujets d'étude ? les notions principales ? les enchaînements de l'exposé ? Ici, il est nécessaire de l'interroger beaucoup plus concrètement : qu'est-ce que les enfants vont faire ? sur quels problèmes vont-ils travailler ? avec quels appareils ? selon quels raisonnements ? sur quelles connaissances vont-ils déboucher ? comment pourront être formulées ces connaissances ? qu'est-ce qui va changer dans leurs attitudes vis-à-vis du monde physique ?

(1) "Activités d'éveil scientifique à l'école élémentaire III : Initiation physique et technologique". Coll. *Recherches pédagogiques* n° 74. Paris. INRP. 1974.

sciences de l'éducation
et "sciences pour
l'enseignement"

. La constitution des didactiques

En France, les recherches sur l'éducation restent sous-développées. Les "sciences de l'éducation", qui ne sont assez souvent que la juxtaposition de disciplines traditionnelles (psychologie, sociologie, économie, histoire, philosophie) s'intéressant à un objet trop longtemps négligé, sont de création récente et fragile. Surtout, elles ne répondent pas totalement et directement au besoin de recherches pour l'enseignement, que les crises du système éducatif et les actions de rénovation appellent de manière urgente. Parmi ces recherches pour l'enseignement, qu'on peut qualifier de *recherches pédagogiques*, la rénovation des disciplines scolaires exige des études approfondies et concrètes pour améliorer les contenus et les méthodes, et constituer des *didactiques de ces disciplines* (ou des *méthodologies*, comme on dit souvent à l'étranger) moins doctrinales et plus expérimentales.

La recherche en didactique des sciences physiques rentre dans ce cadre. Il ne s'agit donc pas de science appliquée au sens où ce serait simplement de la physique ou de la psychologie appliquées à l'enseignement. L'analogie la meilleure consiste à la penser à l'instar des sciences pour l'ingénieur, telles qu'elles sont maintenant reconnues dans les Instituts de recherches ou à l'Université. Dans notre cas, il s'agit de *sciences physiques pour l'enseignement* qui sont construites peu à peu par des physiciens, à partir des sciences physiques fondamentales et appliquées, et en fonction des contraintes imposées par l'école, par l'enfant, par les maîtres, par les finalités de l'éducation. Comme les sciences pour l'ingénieur ont à tenir compte des contraintes de la production, dans leurs concepts, dans leurs méthodes et dans leurs sujets de recherche.

Un exemple tiré de notre travail sur les activités d'éveil illustrera ce que nous entendons par "physique pour l'enseignement". Au Cycle préparatoire un enfant de six ans sait peu de chose sur l'évaporation de l'eau ; c'est un succès à cet âge de lui permettre de comprendre, après des activités scolaires diverses, que du linge qui sèche ne subit pas la même transformation que l'eau qui s'évapore. Lorsqu'il a assimilé cette distinction, il est facile de lui faire employer des mots différents (au départ il dit et pense que l'eau "sèche"). Ce peut donc être un objectif du cycle préparatoire que de l'amener à cette distinction. Or le savoir sur lequel on débouche ne fait pas partie de la "physique" telle qu'on l'imagine d'après son histoire et son état

construire une
physique pour le
maître

présent, mais il doit être exploré, formulé, maîtrisé totalement à ce niveau par la maîtresse de la classe. Cette *physique pour le maître*, il faut la construire de manière systématique et rigoureuse. Plus que de physique appliquée ou même applicable, très différente d'une psychologie de la connaissance du monde physique chez les enfants même si elle doit en utiliser les données, il s'agit d'une physique particulière qui s'élabore en s'investissant dans l'enseignement. On pourrait parler d'une *physique "impliquée"* dans l'enseignement.

L'expérience des modules d'initiation aux sciences et techniques du Groupe de travail de la Commission Lagarrigue montre le même besoin de développer des recherches pour construire la science pour l'enseignement, à un autre niveau de formation. Proposer des contenus originaux et modernes, se libérer du dogmatisme (celui qui impose de ne "dire aux enfants que des choses qui ne seront jamais remises en question"), explorer des cheminements nouveaux (sans croire à l'existence d'une "voie royale"), impose que les essais puissent être discutés, analysés de manière rationnelle. Il faut expliciter les buts dans une forme qui permette la communication, préciser ce qu'on doit pouvoir observer, être prêt - soit à l'avance par des études préalables objectives et approfondies, soit en cours d'essai - à déceler les difficultés des enfants ou des maîtres, mettre sur pieds un dispositif pour apprécier les résultats et prédire des évolutions ultérieures. Ces tâches demandent des moyens intellectuels et matériels, présentent des exigences de généralité et d'objectivité qui sont celles de toute recherche : elles sont de la recherche. Et l'histoire récente de l'apparition des recherches didactiques montre que ce sont ces tâches qui ont déterminé de petits groupes de scientifiques à "faire le saut" pour fonder des équipes de recherche didactique et former des chercheurs (enseignements de troisième cycle).

BUTS ET METHODES D'INVESTIGATION.

• *Origine et nature des problèmes.*

rendre les objectifs
utilisables

Nous avons cherché à préciser les caractéristiques qui permettraient de rendre utile aux maîtres et maniable par eux un tableau des objectifs pour un projet d'enseignement de l'ordre du trimestre. Au-delà de la mode des "pédagogies par objectifs" et du "langage des objectifs" qui ne pénètrent pas réellement l'enseignement (sauf dans les essais de programmation, liés ou non à l'emploi d'ordinateurs), nous souhaitons trouver comment faire des objectifs un *instrument utilisable*.

Une condition essentielle pour cela est qu'ils soient peu nombreux. Notre proposition consiste à exprimer en termes d'objectifs certaines capacités ou attitudes que l'on cherche à développer et qui correspondent à un moment donné à des difficultés (obstacles) que les élèves peuvent franchir : ainsi la distinction objet/substance qui permet aux enfants du CP de comprendre que si le linge sèche, l'eau s'évapore.

Associant la connaissance des obstacles et la définition des compétences visées, cette conception est à l'arrière plan des exemples que nous présentons.

initiation aux techniques de fabrication

Le premier est une tentative volontaire d'introduction aux *techniques de fabrication mécaniques en 4ème*. L'idée centrale était de faire construire en classe par les élèves des objets assez complexes comme un compresseur à membrane ou un moteur électrique. Pour cela, ils disposaient de petites machines-outils transformables (tour, perceuse, fraiseuse ...), et de dessins et documents pour la fabrication. Le but était de faire connaître les grands modes de fabrication (usinage, pliage, fonderie ...), de se représenter et de comprendre le fonctionnement des machines et d'aborder des problèmes scientifiques (matériaux, géométrie ...) ou industriels.

notion d'élément chimique

Le second exemple d'innovation trouve son origine dans les difficultés des professeurs pour enseigner la *notion d'élément chimique en 5ème*. C'est une situation assez typique de la recherche didactique, où l'institution prend des décisions sans que les conditions de réalisation en soient assurées. La recherche est alors nécessaire pour les faire passer dans les faits (ou les critiquer) ; elle contribue à la définition de l'objectif de connaissance fondamental du programme de 5ème. On peut remarquer à ce propos que l'élaboration de l'objectif est indissociable de celle du contenu dont elle n'est qu'un aspect, et que les programmes sont toujours très insuffisants pour apporter une réponse.

notion de dureté des matériaux

Enfin, le troisième exemple est un essai d'activités sur la *dureté des matériaux en 6ème*. De manière assez paradoxale, la propriété de dureté est complexe pour le physicien qui a tendance à s'en désintéresser, (malgré le renouveau des travaux sur la plasticité), mais elle est utile au mécanicien, et se révèle très facilement accessible aux enfants. La question que nous nous sommes posée ici est la suivante : si l'on cherche à laisser aux enfants le maximum d'initiative

pour inventer des dispositifs, comparer les matériaux entre eux, formuler leurs résultats (comme dans un thème d'étude des activités d'éveil), comment le maître pourra-t-il aider les enfants à progresser vers une idée objective de la dureté ?

. *Principes et démarches de travail*

une recherche-
action

Par ses problèmes et sa manière de les aborder, notre travail se situe évidemment du côté des "recherches-actions", c'est-à-dire de recherches qui s'articulent de manière très étroite avec des actions d'innovation ou de formation des maîtres.

la double signification
des résultats

Notre ambition a été avant tout de chercher une adéquation entre les problèmes posés par l'innovation sans en pervertir les orientations pédagogiques, et les démarches de l'investigation sans en atténuer la rigueur scientifique. C'est pourquoi notre travail n'est pas seulement un rapport sur quelques cas, même typiques. Il se veut aussi une recherche, de deux façons complémentaires. La première repose sur la double signification des réponses que nous apportons. On peut certes les interpréter comme des *propositions concrètes*, étayées sur des enquêtes plus ou moins approfondies, mais qui ne sont que des orientations de principe mieux explicitées de l'action d'innovation. Ainsi apparaissent la description des contenus ou le tableau des objectifs de l'initiation aux techniques de fabrication, le projet sur la dureté des matériaux ou l'analyse de la notion d'élément. Mais on peut les interpréter aussi comme des *énoncés abstraits et réfutables* selon un tout autre point de vue : "si les contraintes sont les suivantes, alors il est possible d'enseigner telle notion, mais à certaines conditions ...". Par exemple : "si les réactions chimiques disponibles sont limitées à une liste définie, si les raisonnements sont du type qualitatif, si auparavant les élèves ont pu comprendre les changements d'état physique des substances, alors il est possible de présenter sans incohérence la notion d'élément chimique de la manière suivante ...".

La démarche est alors très différente : la proposition n'est pas unique, mais insérée dans un ensemble de possibles, les méthodes d'analyse sont beaucoup plus générales et tendent vers une certaine formalisation (ici l'analyse de la matière qu'on pourrait aussi appeler "épistémologie appliquée").

Nous savons combien les recherches-actions sont

souvent criticables, et critiquées. Mais elles nous paraissent irremplaçables dans des cas comme ceux que nous avons étudiés ; et nous pensons avoir contribué dans la mesure de nos moyens à les rendre plus scientifiques. Il reste à faire maintenant un bilan des acquis obtenus.

PROPOSITIONS POUR L'ENSEIGNEMENT ET LA RECHERCHE

exigences contradictoires pour les publications de recherche

. *Matériaux pour la formation des maîtres.*
 Nous voulons faire au préalable une remarque. On pose souvent la question : à qui s'adressent des publications de recherche en didactique ? A ce propos les chercheurs sont souvent sommés de satisfaire à des *exigences contradictoires* : être lisibles par n'importe quel enseignant, et être au niveau "international". Mais par qui un tel travail est-il vraiment lisible ? L'expérience montre qu'un enseignant isolé, sauf cas exceptionnel d'innovateur ou de "chercheur qui s'ignore", n'est pas capable de "pénétrer" dans une recherche avec sa manière de poser les problèmes, son minimum d'abstraction, de références, de techniques. Aussi les publications sont-elles destinées avant tout aux autres chercheurs d'abord, ou à des groupes qui ont le temps et les moyens de les étudier, c'est-à-dire soit des équipes d'innovation, soit des groupes de formation initiale et continue.

C'est le cas typique du numéro 74 de la collection *Recherches pédagogiques*, consacré à l'initiation physique et technologique à l'école primaire : il a été utilisé dans les écoles normales pour les stages d'élèves-instituteurs et de "recyclage". Ce type de travail a été un document de base pour inventorier avec les formateurs de façon systématique les buts possibles d'une initiation, les niveaux des acquisitions, les domaines d'étude. En bref, pour construire une image des contenus selon l'esprit des activités d'éveil.

un exemple de "science pour l'enseignement"

L'étude sur la définition de l'élément chimique en 5ème est un exemple d'approfondissement nécessaire de telles propositions sur un sujet précis. Elle montre comment la notion peut *fonctionner* au niveau de la 5ème : que permet-elle d'affirmer, ou de nier, à propos des corps et de leurs réactions ? comment se rattache-t-elle à l'idée de conservation de la substance dans les changements d'états physiques ? comment peut-on symboliser les éléments ? quels sont les rapports entre les noms d'éléments et les symboles ?

un exemple de
démarche d'analyse

quelles sont les relations entre les "manipulations" qu'on peut exécuter sur eux et les propriétés des réactions chimiques ? ...

L'étude de l'essai sur la notion de dureté apporte à la formation, à propos d'un sujet très simple, des suggestions générales pour une démarche d'analyse. Nous avons en effet essayé de rassembler ici la plupart des points de vue utilisables pour éclairer la connaissance des difficultés du sujet, la prise de décision sur les démarches pédagogiques et les contenus enseignés, les interrelations complexes entre tous les aspects de l'action didactique envisagée. Nous y appliquons aussi les idées sur les objectifs dégagées au cours même de notre travail (comparaison avec des pratiques réelles, relations entre notions et manipulations, rattachement des objectifs aux obstacles).

C'est ainsi que nous montrons l'apport de l'histoire des sciences et de l'étude des différentes élaborations conceptuelles ou imaginaires, par exemple poétiques, à la représentation qu'un maître doit avoir pour interpréter ce que font et disent les enfants, et pour guider leur travail.

. *Principes pour la rénovation des contenus*

Au fond, c'est sur ce plan que se situent les grands problèmes de notre travail, et la démarche adoptée pour en exposer les résultats. Nous les rappellerons ici sous la forme de six "principes".

idée de comparer à
des pratiques de
référence

* Le premier a été développé à propos de l'essai d'initiation aux techniques de fabrication mécaniques et appliqué à l'essai sur la dureté. Il consiste à comparer de manière systématique les activités, les situations, les matériels, avec leurs éléments correspondants dans des pratiques dont on veut donner une image réaliste à travers l'enseignement. Nous avons appelé *pratiques sociales de référence* de tels termes de comparaison. Lors de décisions ou discussions sur les programmes scolaires, les interlocuteurs ont souvent implicitement, à l'esprit, l'image des pratiques qu'ils connaissent et qu'ils tendent à privilégier (recherche scientifique, action politique, activités domestiques par exemple). En explicitant ces fondements, les choix de contenus, la reconnaissance des oppositions concret-abstrait, seraient grandement clarifiés ; car ils ne sont pas absolus, mais relatifs à une pratique privilégiée.

La notion de pratique de référence est un guide d'analyse descriptif qui permet ensuite de faire des choix. Dans une perspective de généralisation, on voit qu'on peut faire appel à des pratiques de référence variées :

- recherche scientifique
- ingénierie
- production industrielle ou artisanale
- activités domestiques
- activités culturelles ou idéologiques, politiques.

Il y a d'ailleurs une pratique sociale que nous avons oubliée dans notre liste : celle d'enseignement. Que devient l'enseignement quand il est à lui-même sa propre pratique de référence ? Un tel risque d'enfermement n'est pas une illusion, et la recherche didactique actuelle n'en est pas exempte : des controverses sur la résolution de problème (choix des problèmes et des situations) le montrent bien.

Mais la notion de pratique de référence attire notre attention sur différents points .

- D'abord l'importance et l'attention qu'il faut accorder aux "référénts empiriques" et à leurs relations avec le savoir : le matériel des activités domestiques, les problèmes qui s'y rapportent ne sont pas les mêmes que ceux de la recherche. Il n'est pas évident de passer d'une pratique à une autre, même si on peut penser que les concepts vont rester vrais sinon adéquats dans l'un et l'autre cas.

- Plus profondément, il faut rapporter aux pratiques de référence les problèmes de l'"abstrait" et du "concret" : le concret n'est que le *familier* dans une pratique de référence et reste souvent de l'abstrait pour une autre ; c'est ce qu'avait montré Langevin de manière lumineuse il y a cinquante ans. (1)

(1) "Ce n'est pas seulement la notion d'objet qui, primitivement abstraite, nous est devenue familière par l'usage depuis un passé lointain ; nous voyons dans notre expérience récente, des notions très abstraites et difficilement assimilables au début, se colorer de concret à mesure que se formait l'habitude, qu'elles s'enrichissaient de souvenirs et d'associations d'idées.
"Je citerai des notions comme celle du potentiel, par exemple. Dans ma jeunesse, il n'en était d'abord pas question ; puis, on a commencé d'en parler avec beaucoup de prudence. (suite page 150).

- Il semble difficile de rapporter des activités scolaires à plusieurs pratiques de référence simultanées. Certaines conditions de cohérence des activités sont donc liées au choix d'une référence dominante, sinon exclusive.

A un autre niveau, on peut se demander si le métier d'enseignant ne requiert pas une double maîtrise : celle de la pratique de référence privilégiée par les programmes (et qui n'est pas forcément la recherche) et celle de la transposition didactique.

. Enfin du point de vue de l'apprentissage les questions de motivation et de signification sont certainement liées pour une part à la distance entre pratiques de référence et pratiques familières aux élèves. Une recherche en cours montre que les connaissances d'unités et ordres de grandeur révèlent intelligence ou incompréhension, selon qu'on les rapporte à la pratique physicienne ou aux pratiques familières dans lesquelles elles sont fonctionnelles.

Le premier qui l'a introduite dans l'enseignement était mon prédécesseur Mascart au Collège de France, il s'était fait railler, en particulier par l'abbé Moigno qui rédigeait un journal scientifique, *Le Cosmos*, où Mascart était traité de "Don Quichotte" et de "Chevalier du potentiel". Aujourd'hui, nous avons reçu la culture nécessaire et nous sommes habitués. Quand on parle de la différence de potentiel entre deux bornes électriques, nous sentons de quoi il s'agit ; nous avons associé cette idée à un nombre suffisant d'expériences intellectuelles ou physiologiques pour avoir coloré de concret ce qui était primitivement défini de manière abstraite par une intégrale prise le long d'un parcours entre deux points d'un champ. L'ouvrier électricien sait très bien que cette notion d'une grandeur qui se mesure en volts, correspond au fait qu'il peut être secoué s'il se trouve toucher les bornes dans les conditions favorables, ou bien au fait qu'une lampe mise entre les deux bornes rougira, s'éclairera ou sautera et qu'un voltmètre placé dans les mêmes conditions déviara. Il est tellement familier avec les manifestations concrètes de la différence de potentiel qu'il désigne celle-ci du nom familier de "jus". Cela prouve que la notion a cessé d'être abstraite pour lui".
P. LANGEVIN. *La notion de corpuscules et d'atomes*, p 45-46. Paris. Hermann. 1934.

assurer la cohérence
entre connaissances et
expérience

* Le second principe abordé à propos des notions d'élément chimique et de dureté, concerne les connaissances nécessaires aux maîtres pour "faire la classe" (la "science pour l'enseignement"). Nous avons surtout insisté précédemment sur les caractères spécifiques de l'initiation scientifique à l'école primaire et au collège. Certains pensent d'ailleurs qu'il ne s'agit pas de science (physique, chimie ...) mais "d'éducation à la pensée rationnelle". En réalité on a pu facilement se rendre compte à propos des deux exemples cités que ce qui est en question est bien d'ordre scientifique : il s'agit dans une visée éducative à long terme, d'explicitier et formuler un premier principe de conservation ou d'invariance (élément chimique) ou de mettre au point, sur un cas complexe, les éléments fondamentaux du mesurage et de la construction des grandeurs (dureté). Dans cet esprit, il est nécessaire de contrôler le mieux possible la cohérence entre le niveau de définition et de fonctionnement des concepts, le domaine de manipulation offert aux enfants, et les raisonnements qu'ils peuvent faire. Nous avons insisté tout particulièrement sur les rapports entre "niveau de formulation" du concept et "domaine d'investigation expérimentale" car leur comptabilité nous paraît être une condition pour la compréhension des élèves.

interdépendance entre
contenus, démarches et
objectifs

* Le troisième principe est une contestation des idées de la "pédagogie par objectifs". Il n'est pas question de refuser les objectifs eux-mêmes, avec tout ce que peut donner leur formulation précise et concrète pour aider le travail des maîtres, mais tout ne passe pas par eux. Il est illusoire de penser qu'il suffirait d'abord de les rédiger pour que tout en découle : sujets d'étude, types d'activités, style du maître, etc... Des choix de finalités générales telles que le développement de l'autonomie des enfants (essai sur la dureté, ou initiation aux techniques de fabrication), imposent des démarches pédagogiques avant les objectifs de connaissance ou de savoir faire : ceux-ci vont en dépendre, et il faut qu'il n'y ait pas de contradiction, comme nous avons pu en constater la possibilité lors de l'essai d'initiation aux techniques de fabrication. En réalité, il y a interdépendance entre contenus, démarches et objectifs. Dans une action de rénovation il est donc nécessaire de prendre en compte ensemble toutes ces composantes de l'action didactique. On peut penser que les échecs de certaines réformes peuvent être attribués au fait qu'un élément a été étudié de manière isolée (par exemple le "programme") sans examen approfondi de ses relations avec les autres.

rattacher les objectifs
aux obstacles de
l'apprentissage

* Si l'on se situe dans le cadre d'une telle conception, il importe de donner à chaque élément sa place. Le quatrième principe consiste à *rattacher les objectifs aux difficultés ou obstacles que les élèves rencontrent et peuvent franchir à un niveau donné*. C'est, nous semble-t-il, le seul moyen pour que les objectifs soient en petit nombre et donc utilisables par les maîtres, et c'est leur conférer une spécificité (par rapport aux programmes de sujets d'étude, aux descriptions d'activités en classe, aux prescriptions de méthodes ...)

Car il existe différents niveaux du possible pour les objectifs :

- un niveau "épistémologique", dont notre travail sur l'élément chimique est une illustration ;
- un niveau "psychologique", lorsqu'on tient compte des possibilités et des difficultés des élèves, en étudiant leurs comportements d'apprentissage ;
- un niveau "pédagogique", car les possibilités dans la classe, avec les maîtres tels qu'ils sont, sont différentes de celles observées avec un seul enfant.

Les propositions que nous faisons pour ne garder que des objectifs utiles consistent à exprimer les objectifs en termes d'*obstacles franchissables*, c'est-à-dire de difficultés réelles que les élèves rencontrent et peuvent vaincre au cours du curriculum. On peut espérer que les objectifs seront ainsi peu nombreux si les deux hypothèses suivantes se vérifient :

- hyp. I : il existe un nombre limité de progrès décisifs, non acquis spontanément et qui ont une signification du point de vue de la pensée scientifique
- hyp. II : il existe à un moment donné du cheminement éducatif d'un élève et pour une activité donnée un obstacle décisif dont l'aspect dominant peut être situé dans une grande catégorie d'objectifs (attitudes, méthodes, connaissances, langages, savoir-faire ...).

Cet aspect dominant constitue un objectif utile dans la mesure où il permet de guider les interventions du maître sur les difficultés rencontrées par l'élève (les résultats finaux sont par ailleurs connus et décrits par les contenus et les problèmes).

distinguer objectifs et
indicateurs d'évaluation

* Mais la réduction du nombre d'objectifs et leur formulation assez générale obligent à abandonner l'idée qu'ils doivent décrire des comportements observables. Pour satisfaire les besoins du contrôle et de l'observation, le cinquième principe consiste à distinguer objectifs, qui orientent les décisions des maîtres, et

indicateurs d'évaluation. Ces derniers sont au fond analogues aux objectifs "opérationnels" de la littérature anglosaxonne (introduits en France à travers le Québec et la Belgique) ; mais ils n'ont pas besoin d'être définis de manière aussi rigide et systématique. Ils sont les compléments indispensables des "objectifs-obstacles".

centrer l'évaluation
sur l'action des
maîtres

* Enfin, le sixième principe affirme l'utilité d'une évaluation des projets de rénovation *centrée sur le processus d'enseignement* et en particulier *le rôle des maîtres* dans ce processus ; autant sinon plus qu'une évaluation sur les résultats des élèves elle peut donner des indications sur l'avenir. C'est une évidence si l'on veut faire jouer aux enseignants un rôle moteur dans l'innovation, et si on préconise des démarches où les enfants ont eux aussi un rôle actif dans la construction de leurs connaissances (ce qui était le cas des actions auxquelles nous avons participé). Mais nous pensons que l'intérêt est le même dans une pédagogie directive et centrée sur la discipline, car tous les enseignants transforment ce qu'ils font. Or, un des rôles de l'évaluation est de détecter ces transformations et les évolutions qu'elles entraînent.

. *Éléments pour la didactique des sciences.*

contraintes et possibles
dans les situations
didactiques

Une différence fondamentale entre une recherche et une innovation porte sur l'explicitation la plus complète possible *des contraintes et des possibilités*, ce que la recherche s'efforce d'atteindre. Dans la réalité, les contraintes peuvent être d'origines très diverses : niveau de développement psychologique ou extension de l'expérience pratique des enfants, enseignement antérieur, matériel disponible, horaires, programme, compétences des maîtres, etc. Certaines limites peuvent être facilement modifiées, d'autres non ; mais elles existent toujours. Dans chaque cas, ce qui importe est de dégager les possibles. L'exploration de ce *jeu* entre contraintes et possibles, dans les situations les plus variées, est une des voies nécessaires pour mieux comprendre les situations didactiques.

Nous avons appelé *caractérisation des objectifs* l'élaboration qui associe à cette clarification des possibles le choix des compétences visées. Plus exactement, renonçant à définir de manière exhaustive et "opérationnelle" les objectifs, nous avons proposé de les "caractériser" par les aspects obtenus avec ce

type d'analyse et susceptibles d'aider au mieux les maîtres. Dans cet esprit, notre proposition principale consiste à "focaliser" les objectifs sur les obstacles susceptibles d'être franchis par les élèves.

Cette conception nouvelle des "objectifs-obstacles" a une double origine. Nous venons d'en rappeler la source pragmatique. Mais il y a aussi une source théorique : c'est la notion d'obstacle épistémologique, élaborée par Bachelard en explorant l'histoire des idées scientifiques, et sur la base de son expérience de professeur de physique. Il ne s'agit pas pour nous de transformer en objectifs les obstacles repérés par Bachelard, il s'agit de *faire rejoindre deux courants* : celui des pédagogues qui cherchent à travers les objectifs à rendre plus efficaces les actions didactiques et celui des épistémologues qui s'intéressent aux difficultés qu'affronte la pensée scientifique. La notion d'objectif-obstacle nous paraît être un moyen pour transformer en instrument didactique les résultats des recherches actuellement en plein développement, et qui portent sur les modes de résolution de problèmes adoptés spontanément par les élèves, ou les représentations qu'ils se font des phénomènes physiques.

Jean-Louis MARTINAND

Laboratoire Interuniversitaire
de Recherche sur l'Enseignement
des Sciences Physiques et de la
Technologie (LIREŠPT),
Université de Paris-Sud.