

QUELLES AIDES LA RECHERCHE PEUT-ELLE APPORTER A LA FORMATION ET A LA PRATIQUE ?

Renouveler les contenus d'enseignement à l'école élémentaire, mettre en place de nouvelles formations des Élèves-Instituteurs, commentent bien souvent par la publication de nouveaux programmes, et leur nombre n'a pas été négligeable durant les vingt dernières années. Ce sont là, pour les praticiens, des moments où l'on interroge la recherche, pour lui demander quels outils ou dispositifs elle peut mettre à disposition. Mais, même en dehors de ces temps forts du changement, l'enseignant ou le formateur s'adresse à la recherche pour renouveler des pratiques sur lesquelles il s'interroge et qu'il veut améliorer.

La Section Sciences de l'INRP, devenue Équipe de Sciences Expérimentales, a toujours eu le souci, dans ses travaux, de répondre à des demandes de ce type, en particulier en direction de l'École Élémentaire. En suivant l'évolution de l'ensemble de la communauté des chercheurs en ce domaine, les travaux de l'équipe des enseignants-chercheurs se sont traduits par des changements de problématiques : après avoir apporté un certain nombre d'exemples réalisables dans le cadre d'un enseignement scientifique, il a fallu donner du sens à un tel enseignement, tout en prenant en compte les capacités des élèves, et s'interroger sur la transformation des résultats en outils de formation.

Cette évolution peut très certainement se décrire comme un passage de recherches pédagogiques à des recherches en didactique, passage qui correspond à une émancipation des disciplines à enseigner vis-à-vis des Sciences de l'Éducation. Mais on peut y voir également une recherche de réponses à l'émergence accrue ces dernières années de deux faits éducatifs importants :

- un besoin de plus en plus criant et affiché de travailler pour la réussite des élèves et dont on prend conscience de la très grande diversité,
- et, grâce à des moyens nouveaux, un accroissement important de l'étendue des tâches et de la spécialisation des formateurs.

I - DE LA PÉDAGOGIE A LA DIDACTIQUE ?

Les travaux de la section Sciences de l'INRP ont commencé au début des années 1970 alors que des textes récents modifiaient les Instructions Officielles en vigueur, et instauraient dans le cadre du tiers-temps pédagogique, des Activités d'Éveil, en particulier à caractère scientifique. S'il est habituel, dans une telle situation, que s'élaborent

tout un tas d'innovations, mais dont le caractère local et souvent spontané conduit à rester bien souvent confidentiel, la mise en commun des résultats de ces innovations et leurs confrontations pour les mettre en cohérence est un travail de recherche qu'a entamé Victor HOST, bientôt rejoint par Jean-Louis MARTINAND. Les travaux, menés essentiellement par des Professeurs d'École Normale et quelques Inspecteurs et Conseillers Pédagogiques, recevaient dans le cadre de la recherche à la fois une légitimation et une incitation à aller de l'avant. L'analyse de ces travaux, réalisée collectivement, a conduit à des productions communicables¹, et qui ont constitué jusqu'à récemment (et peut-être encore !) une source irremplaçable de situations exemplaires pour les formateurs et les maîtres dans leurs classes. De nombreux ouvrages, manuels pour les enfants, ou livres du maître, ont leurs origines dans ces travaux.

1.1. Donner des moyens aux maîtres

En donnant un contenu précis aux "Activités d'Éveil" des Instructions (qui, d'ailleurs, dans leur version détaillée de 1978 et 1980 s'inspiraient fortement de ces travaux), la recherche a eu un rôle fondamental en plaçant l'enfant au centre de ces activités, en le reconnaissant comme le "constructeur" de ses propres connaissances, en affirmant clairement le besoin, à l'École Élémentaire, d'une conception constructiviste des apprentissages. En prenant appui sur les textes officiels, c'est vraiment prendre position par rapport aux finalités de l'éducation, et donc faire acte pédagogique pour, dans ce cadre, donner des moyens aux maîtres de les réaliser.

1.2. L'émergence de concepts nouveaux

Mais tout en incitant à la production de nouvelles innovations, en les coordonnant pour recouvrir l'ensemble des possibles, l'engagement "militant" fait apparaître le besoin d'un approfondissement épistémologique que V. HOST et J.-L. MARTINAND ont perçu très rapidement : la recherche d'exigence scientifique conduit à s'interroger sur la construction des contenus à transmettre.

C'est en s'interrogeant alors sur les structures et la logique des connaissances à transmettre que l'équipe s'est orientée vers une recherche en didactique. Non que l'enfant devenait secondaire dans les préoccupations des chercheurs, mais plutôt un enfant sujet "local", considéré au travers de ses interactions avec un objet d'apprentissage, non seulement confronté aux contraintes de l'environnement et de la relation avec le maître, mais aussi avec le savoir qu'il a à construire, un enfant épistémologue. En se centrant sur les procédures d'apprentissage des enfants, leurs relations aux savoirs et les représentations qu'ils s'en font, sur la prise en compte de ces représentations en liaison avec les diffi-

¹ "Activités d'éveil scientifiques à l'école élémentaire - III - Initiation physique et technologique", *Recherches Pédagogiques* 74. Paris : INRP. 1975.

"Activités d'éveil scientifiques à l'école élémentaire - V - Démarches pédagogiques en initiation physique et technologique", *Recherches Pédagogiques* 108. Paris : INRP. 1980.

cultés et obstacles rencontrés historiquement dans l'élaboration des savoirs (à la lumière des obstacles épistémologiques de Bachelard par exemple), dans le but de construire des outils pour les enseignants, le thème des recherches évoluait vers le dépassement de difficultés à la transmission de savoirs donnés. L'approfondissement de la notion de représentations sur un domaine scientifique, déjà évoqué par d'autres équipes lors d'étude sur les "conceptions" d'étudiants ou les "miss-conceptions" de certains chercheurs anglo-saxons, en relation avec l'idée de représentation en formation d'adultes, est un apport important du travail de l'équipe de l'INRP. En s'appuyant sur la description en réseaux de la structure des connaissances (les réseaux sémantiques), le refus d'une "voie royale" de progression dans une discipline (encore trop fréquemment proposée dans les programmes de l'enseignement secondaire), a conduit l'équipe à émettre l'hypothèse de liaisons sous forme de trame conceptuelle des notions fondamentales, et d'en montrer la possibilité sur deux concepts généraux des sciences, celui d'énergie pour les physiciens et celui d'écosystème pour les biologistes. Une telle trame conceptuelle a pour fonction de combler le vide entre le savoir à enseigner, qui dérive du savoir de référence par transposition didactique, et le savoir enseigné, celui que le maître doit reconstruire avant de le transmettre. Enfin, si la recherche pédagogique a été fortement marquée par l'énoncé et la mise en œuvre d'objectifs, leurs listes souvent bien longues conduisaient les maîtres au découragement : la notion d'objectif-obstacle, mise en avant par J. L. MARTINAND, et qui amène à ne retenir parmi un grand nombre que les objectifs correspondant à un réel progrès scientifique dans l'esprit des enfants, a été et reste un fil directeur pour les recherches de l'équipe, qui en a mis en évidence quelques uns dans les domaines de l'énergie et de l'écosystème déjà cités.

Représentations, trames conceptuelles, objectifs-obstacles, des termes reliés de près aux savoirs à transmettre, et qui tout en étant toujours destinés à favoriser les apprentissages des enfants, indiquent comme pour beaucoup d'équipes (mais peut-être moins que certaines) une évolution du centrage des préoccupations vers l'analyse des contenus, reléguant au second plan (mais sans les occulter) les finalités de l'éducation.

En une vingtaine d'années, l'objet et les produits de la recherche de l'Équipe Sciences sont donc passés de la mise en relation des trois pôles Maître, Enfant-apprenant, et Conditions d'apprentissages, les contenus n'étant que support de cet apprentissage, si l'on peut schématiser ainsi l'approche pédagogique, à la mise en relation des deux premiers, Maître et Enfant-apprenant, avec le troisième, celui du Savoir, pour reprendre l'image du triangle didactique des mathématiciens, par rapport auquel les conditions de l'apprentissage sont secondaires :



Mais comme tout schéma, celui-ci risque de paraître réducteur : l'histoire de ces recherches, que nous allons esquisser, montre que nous ne sommes pas passés de l'état de "généralistes sans contenus" à celui de "spécialistes sans perspectives", pour reprendre les mots de Jean Pierre ASTOLFI, responsable de l'Équipe Sciences depuis une dizaine d'années.

2.- DES RECHERCHES DE FAISABILITÉ

Lorsqu'en 1969 la Commission de Rénovation Pédagogique définit de nouvelles finalités pour l'École Élémentaire, et propose une articulation en trois moments du "temps pédagogique", elle exprime ainsi une volonté forte du moment de rompre avec une conception sélective de l'enseignement basée essentiellement sur les apprentissages "instrumentaux" (langue maternelle et mathématiques). Mais si les conclusions de cette Commission rejoignent les propositions de psychologues contemporains (comme Bruner), les bonnes intentions ne suffisent pas et, pour les maîtres, le vrai problème est d'exprimer ces orientations dans une pédagogie et de définir une stratégie réaliste pour faire entrer dans les faits le changement envisagé. Dans le domaine scientifique, par exemple, comment remplacer les "leçons de choses" ? Celles-ci n'avaient d'ailleurs de scientifiques que les affirmations de quelques uns, puisque leur introduction (par Marie Pape-Carpentier) visait surtout à donner aux enfants un champ d'application de vocabulaire plus vaste que les simples "leçons de mots"². Mais l'idée d'activités d'éveil qui est alors mise en avant contient par nature celle de décroisement, de travail sur des thèmes pluri-disciplinaires, sans perdre de vue que, néanmoins, une initiation scientifique peut apporter une contribution spécifique à la réalisation des finalités générales de l'École Élémentaire.

2.1. Les activités d'éveil

Pour essayer de donner des éléments de réponse aux praticiens (maîtres dans leurs classes, conseillers pédagogiques, professeurs d'écoles normales, inspecteurs) un projet de recherche "Activités d'éveil à orientation scientifique" engage dès mars 1970 une quarantaine d'enseignants-chercheurs, disposant d'une centaine de classes pour l'expérimentation. La structure mise en place est originale puisqu'il s'agit pour les chercheurs de trouver les réponses aux questions posées par les ex-

² voir André CHERVEL, *Histoire de la grammaire scolaire*. Paris : Payot. 1977.

périmentateurs, ce qui n'est pas la situation habituelle des chercheurs scientifiques ; les spécialistes de la discipline, que sont les chercheurs par rapport aux praticiens, ont alors un rôle de conseillers scientifiques, d'observateurs extérieurs plus ou moins objectifs, d'analyseur critique en fin d'activité, afin de faire ressortir des conséquences reproductibles et diffusables. Pour faciliter le travail de documentation des maîtres et des formateurs, les résultats de cette recherche ont donné lieu à plusieurs publications centrées chacune sur une problématique à caractère disciplinaire (initiation écologique, initiation physique et technologique, l'enfant et son corps, etc.) dans la collection *Recherches Pédagogiques*, et les deux numéros 74 (paru en 1975) et 108 (paru en 1980) de cette collection sont désormais bien connus de tout formateur dans le domaine de la physique et de la technologie. Bien que ne voulant pas être des "livres du maître" modèles, c'est dans ces deux ouvrages qu'apparaît pour la première fois une application au domaine de la physique et technologie à l'École Élémentaire des avancées de la pédagogie par objectifs qui, avec Louis LEGRAND, responsable de recherches à l'INRP, s'introduisait en France au niveau des Collèges. En s'appuyant sur l'analyse de situations de classe réellement expérimentées, le long tableau (près de 30 pages !) du numéro 74 donne une vision en termes de contenus, mais aussi d'attitudes et de méthodes d'un enseignement scientifique. Un enseignement n'est pas que la transmission de contenus... Le second numéro, le 108 de la collection *Recherches Pédagogiques*, met tout particulièrement l'accent sur la notion de représentation qu'ont les enfants des phénomènes, objets d'enseignement, en indiquant nombre de moyens de les repérer. Un apprenant n'est pas vierge de toute connaissance avant apprentissage... Ces deux notions d'objectifs et de représentations ont donné un éclairage nouveau à l'enseignement de la physique, qui déborde le cadre des équipes de recherche à l'École Élémentaire de l'INRP, mais aussi dans d'autres disciplines. Les Contenus de Formation à l'École Élémentaire (arrêtés de juillet 1978 et juillet 1980) qui, dans le cadre d'objectifs spécifiques, précisent les domaines abordables suivant les cycles d'enseignement, se sont nourris des résultats publiés ou non de cette recherche, et les fiches d'accompagnement qui ont suivi ont en partie été décrites par des participants à cette recherche. On pourrait également rappeler que nombre d'ouvrages destinés aux maîtres ou aux enfants de l'École Élémentaire sont l'œuvre, ou comptent parmi leurs auteurs, des membres des équipes constituées sur ces projets par V. HOST puis J.-L. MARTINAND, dont le rôle à tous deux aura été prédominant dans le renouveau de l'enseignement de la physique et de la technologie, ne serait-ce que par cette constitution d'équipes qui perdurent et continuent à échanger.

2.2. Physique et technologie au CP

Plus confidentielle, par le nombre restreint d'équipes engagées (six équipes de six régions différentes), mais aussi parce que commanditée par le Ministère (le rapport de synthèse, remis en octobre 1979, n'a pas été publié), une recherche centrée sur le cours préparatoire a analysé les

effets de l'introduction des activités d'éveil physico-technologiques sur les apprentissages instrumentaux. Malgré cet aspect confidentiel que les autorités ont voulu conserver à cette recherche, elle revêt dans les orientations et la forme de ses domaines d'étude ainsi que dans ses conclusions, une grande importance pour comprendre l'évolution des recherches qui vont suivre dans l'Équipe Sciences de l'INRP, et peut-être ailleurs (c'est à cette époque que J.-L. MARTINAND prend la direction du LIREPT, et y exprimera des idées similaires). Pour valider des activités physico-technologiques à ce niveau du début de l'enseignement obligatoire, comme génératrices de situations d'apprentissages par rapport à la langue maternelle et aux outils mathématiques, il ne suffit plus d'en montrer la faisabilité et de dresser une liste d'objectifs susceptibles d'être atteints (encore faut-il le faire !). Il faut aussi montrer que, par leur caractère spécifique, physique et technologie apportent à la langue et aux mathématiques des situations problèmes qui dépassent largement le cadre habituel où elles sont appliquées (résolution de problèmes pratiques, construction de modèles commençants, apprentissages du travail individualisé, séparation conceptuelle entre physique qualitative et physique quantitative). Résolution de problèmes, modélisation, analyses conceptuelles, travail individualisé, ainsi que la formation des maîtres, autant de termes qui apparaissent et sont étudiés au niveau du CP dans ce rapport, et que l'on va retrouver dans les recherches des dix années suivantes parmi les didacticiens de la physique.

Fin 1979, de nombreux "changements" ont lieu au sein de l'Équipe Sciences, comme à l'INRP, du remplacement de V. HOST par J.-P. ASTOLFI, à la restriction importante des moyens matériels et humains, qui conduisent à faire des choix nouveaux permettant de poursuivre les activités de recherche avec un effectif restreint. Les choix de l'équipe se portent donc sur un thème de recherche qui utilise les compétences des physiciens, mais également les biologistes restant, de l'École Élémentaire mais aussi du Collège. On peut avancer que pendant cette première phase, ces dix années, la faisabilité d'un enseignement à caractère physico-technologique à l'École Élémentaire a été montrée et rentre dans les faits (institutionnels et de formation...). Les activités mises en jeu dans cet enseignement, souvent proposées à titre d'exemple par les Instructions, et dont l'essentiel résulte du travail des équipes de recherche, commencent à prendre du sens par rapport aux apprentissages de l'École Élémentaire. C'est du moins vrai pour les apprentissages qu'énoncent les textes..., mais qu'en est-il des apprentissages que l'enfant mobilise réellement dans ces activités à caractère scientifique ?

3 - LA PRISE EN COMPTE DE L'ENFANT ÉPISTÉMOLOGUE

Refonte des équipes, nécessité de définir de nouvelles problématiques (en particulier en abandonnant tout objectif curriculaire, c'est-à-dire cherchant à construire des progressions programmatiques) : l'INRDP en devenant INRP, avec des Directions de Programme, n'a plus l'officieux rôle de cellule de proposition du Ministère. La recherche dans laquelle

L'Équipe de Sciences Expérimentales (ESCIEX) s'engage conduit à s'interroger sur les procédures d'apprentissages³ auxquelles les enfants ont recours en réalisant des activités scientifiques, en physique et en biologie, à l'École Élémentaire et au Collège essentiellement. Après avoir fait ressortir à de nombreuses reprises l'existence d'idées préalables chez les enfants, idées relativement constantes dans une population donnée, et qui ont eu pour eux un rôle explicatif face aux problèmes rencontrés, et que nous avons nommées représentations, il fallait dépasser le stade du simple recueil, de l'établissement de "catalogues" de telles représentations. Prendre en compte les représentations, c'est d'abord s'interroger sur leur origine et le sens qu'elles peuvent avoir dans l'esprit et le raisonnement des enfants ; mais c'est aussi (et surtout ?) rechercher les moyens de les intégrer dans un acte d'enseignement qui vise à construire des connaissances et des capacités. Il faut donc, d'une part, regarder du côté de l'histoire et de la structure (l'épistémologie) du contenu d'enseignement, essayer d'aller comprendre comment s'est construit et est constitué le contenu abordé, d'autre part élaborer un "modèle pédagogique" qui permette à l'enfant de "faire jouer" ses modes de pensée autrement qu'avec un statut de faute. C'est donc une recherche sur les relations de l'enfant avec le savoir et sur le savoir que doit posséder le maître pour apporter à l'enfant les aides nécessaires pour qu'il construise son propre savoir scientifique ("l'enfant épistémologue") ; le domaine à explorer étant vaste, les équipes ont travaillé sur une notion centrale de la physique, la notion d'énergie (les biologistes ont travaillé la notion d'écosystème), notion qui a été choisie parce qu'elle se rencontre à tous les niveaux d'enseignement et dans plusieurs disciplines, permettant ainsi les échanges inter-niveaux et inter-disciplinaires.

3.1. Les objectifs-obstacles

Si l'on se tient dans cette présentation à faire ressortir deux mots-clé des résultats de cette recherche, on doit avancer ceux d'objectif-obstacle et de trame conceptuelle. Ils avaient déjà émergé de travaux antérieurs, mais ils ont trouvé ici un champ d'application et d'élucidation par rapport au concept d'énergie (pour ce qui concerne les physiciens). Les tableaux d'objectifs, nous l'avons vu, devenaient de plus en plus détaillés, à tel point qu'à force de précision ils s'avéraient inutilisables pour les maîtres dans leur pratique quotidienne, malgré les espoirs qu'ils avaient pu laisser poindre. Dans ses travaux, et en particulier dans sa thèse⁴, J.-L. MARTINAND propose de ne retenir dans ces listes, quasi inabornables, que les objectifs qui correspondent à un réel progrès de la pensée scientifique, progrès chez l'enfant que l'on peut comparer aux

³ Équipe de recherche ASTER. Procédures d'apprentissage en sciences expérimentales. Paris : INRP. 1985.

⁴ Jean Louis MARTINAND *Contribution à la caractérisation des objectifs de l'initiation aux sciences et techniques*. Thèse d'état. Paris XI-Orsay. 1982 (non publiée)

Jean Louis MARTINAND *Connaître et transformer la matière*. Berne : Peter Lang. 1986.

dépassements des obstacles réalisés lors de la "Formation de l'esprit scientifique", décrite par Bachelard⁵. C'est là un moyen de sélection qui va conduire à ne garder que quelques objectifs cognitifs ou comportementaux au cours d'une progression, et leur nombre restreint permettra de les garder présents à l'esprit. Mais plus que cet apparent souci économique, la notion d'objectif-obstacle ainsi introduite supporte un éclairage sur l'enseignement des sciences qui rompt avec les poncifs classiques. Si apprendre, c'est apprendre contre, dans une description "bachelardienne", c'est que l'acte d'apprentissage est un acte individuel, que chacun doit progresser par ses propres dépassements au cours de ses expériences (et obstacles) personnels. L'enseignement des sciences est donc un ensemble de mises en situation des apprenants qui pourront se révéler être situation d'obstacle pour certains, et alors ils progresseront dans leur formation scientifique ; mais d'autres devront attendre d'autres situations pour se trouver en obstacle, les situations présentes n'en étant pas. Tous les enfants n'auront pas, à la fin d'une séquence atteint ce que le maître voulait leur transmettre, mais cela ne signifie pas pour autant qu'ils n'ont pas engrangé des expériences : sans avoir dépassé d'obstacle, ils ont fonctionné à un niveau "préscientifique" constant ; leurs représentations, leurs "modèles implicites" ont été suffisants. Au cours d'une autre séquence, les rôles seront peut-être inversés..., et les obstacles des uns ne seront probablement pas ceux des autres !

Une description matérielle, "substantialiste" pour faire encore référence à l'obstacle de Bachelard, de l'énergie est certainement suffisante pour étudier et comprendre les phénomènes d'isolation thermique dans une habitation : quel adulte n'a jamais demandé de fermer porte ou fenêtre en hiver "pour ne pas laisser le froid entrer" (ou la chaleur sortir !) ? Mais un tel niveau de description ne permettra pas de comprendre des échanges d'énergie sans contact, par rayonnement, comme le rôle du soleil dans les phénomènes météorologiques ou de croissance des plantes : la description matérielle provoque un obstacle à la compréhension de ces phénomènes, il faudra dépasser cet obstacle en admettant, par exemple, une description de l'énergie en termes de capacité d'échange des corps ou des systèmes entre eux. Et l'on peut prévoir que ce nouveau niveau de description fera lui-même obstacle à la compréhension d'autres phénomènes, dans d'autres situations. Il y a néanmoins eu progrès de la pensée scientifique lors du changement de niveau, de dépassement de l'obstacle précédent. L'histoire des sciences regorge d'exemples de ce type, et en ne regardant que du côté de l'énergie, la liste est déjà bien longue : on en trouvera un certain nombre dans le numéro 2 de la revue *Aster*, "Éclairage sur l'énergie"⁶, qui résume les points importants de cette recherche. La "définition" actuelle de ce concept (si la recherche d'une définition absolue a du sens) n'a pas toujours été le point de vue des scientifiques reconnus en leur temps, et que d'errements ont été nécessaires (et le seront encore). C'est là une

⁵ Gaston BACHELARD *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : Vrin. 1935.

⁶ Équipe ASTER. "Éclairage sur l'énergie". *Aster*, n° 2 – Paris : INRP. 1986.

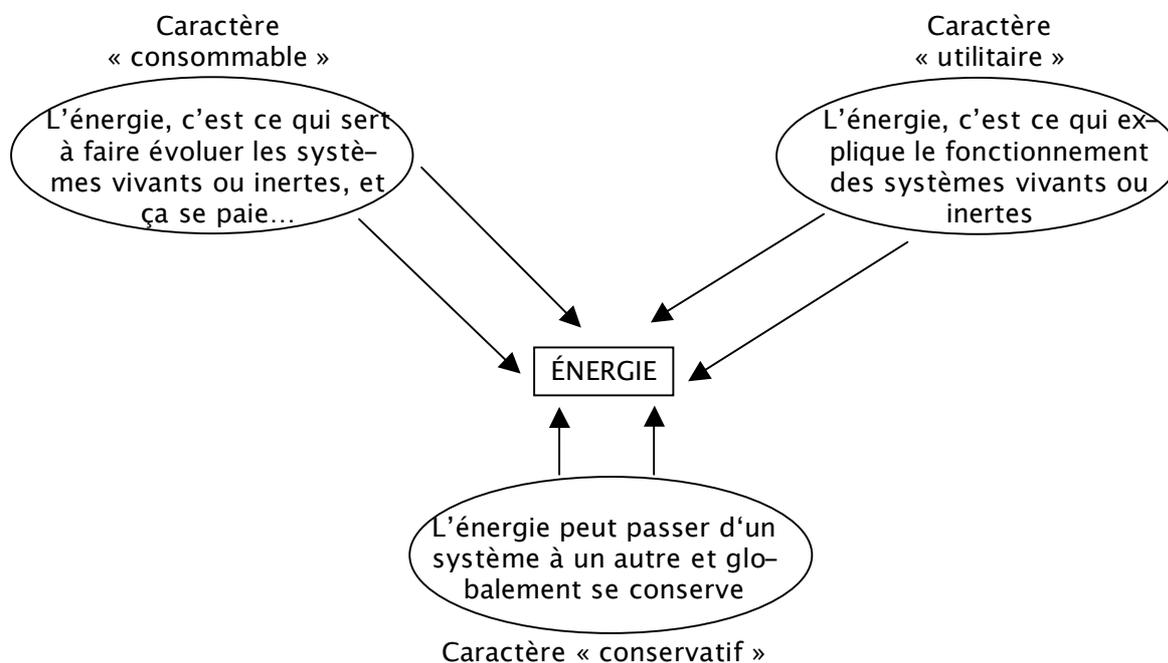
façon de dire qu'il n'y a pas de "voie royale" pour aborder un concept ou une notion scientifique, et qu'un enfant qui, aujourd'hui, "ne comprend pas", suit probablement un cheminement personnel, s'appuyant sur des représentations pas toutes très scientifiques, mais qu'il les fera évoluer en étant confronté à l'incompréhension de certaines situations. Du coup, la connaissance par le maître des représentations les plus caractéristiques et des possibilités, en termes de situations à proposer, de leur dépassement prend une fonction pédagogique importante. Il faut que le maître s'attende à entendre, et écoute des enfants parler *des deux courants qui partent des deux bornes de la pile, du soleil qui tourne autour de la terre, des corps qui tombent à cause de l'air, des solides qui deviennent de l'eau quand on les chauffe, de la lumière qui part de l'œil quand on regarde des objets...* Sa tâche est de savoir associer à ces représentations des situations où elles ne sont plus efficaces, et mènent l'enfant à exprimer son état d'obstacle face au phénomène devant lui. Le sens unique du courant dans un circuit, la position centrale du soleil dans le système solaire, la gravitation indépendante de l'air, l'existence d'un état liquide pour tous les corps, la production de lumière par des sources, voici des exemples de notions que le maître prendra comme objectifs pour ses séquences, qui correspondent à des progrès scientifiques de nombre d'enfants de sa classe. Ce ne sont là que des exemples de notions, et l'on pourrait prendre également l'acquisition de comportements, dont certains sont spécifiques de progrès scientifiques. C'est le cas par exemple de l'aptitude à la modélisation, outil privilégié des scientifiques et tout particulièrement des physiciens ; or, les programmes de l'École Élémentaire offrent des moments de mise en œuvre de telles attitudes, qu'une équipe de professeurs d'École Normale a exploré, et l'on trouve quelques uns des comptes rendus de leurs travaux dans le numéro 7 de la revue *Aster*, "Modèles et modélisation"⁷.

3.2. Les trames conceptuelles

De blocage, de panne des enfants qu'il avait souvent comme statut, l'obstacle devient une notion au caractère positif si on l'associe à celle d'objectif, puisqu'on vise désormais son dépassement. Mais elle comporte également l'idée de cheminement individualisé des apprenants, et l'on ne peut plus envisager une construction linéaire des concepts, une structure de la matière à enseigner, souvent satisfaisante pour les maîtres, où les concepts ont un énoncé unique, calqué de la définition universitaire. D'où la nécessité de reconsidérer le domaine disciplinaire suivant quelques concepts "intégrateurs" en nombre restreint, fournissant une structure cohérente du savoir envisagé. En rupture avec une approche analytique de la discipline, on recourt ici à une approche "globalisante", voire systémique. Une telle analyse n'est pas insurmontable dans la mesure où, pour la physique (ainsi que la biologie), le nombre de tels concepts centraux apparaît assez vite : matière, espace-temps, énergie et information peuvent recouvrir l'ensemble des phénomènes de la na-

⁷ Équipe ASTER. "Modèles et modélisation" - *Aster*, n° 7 - Paris : INRP. 1988.

ture inerte (en ajoutant celui de fonction, on étend au domaine de la technologie, mais y a-t-il une frontière franche, surtout à l'École Élémentaire ?). On peut ainsi proposer aux maîtres une relecture des programmes de 1985 suivant cette "grille" (voir en annexe), montrant d'une part la cohérence d'une discipline, même étudiée au niveau de l'École Élémentaire, d'autre part les relations entre des énoncés qui semblent souvent comme "émiétés" au cours de progressions, en mettant en évidence une logique certaine. Entre le savoir à enseigner, celui qui figure dans les Programmes et Instructions, et cette "reconstruction" de la discipline en concepts intégrateurs les trames conceptuelles vont constituer des réseaux aux entrées multiples, indiquant les chemine-ments possibles, en laissant figurer le minimum de hiérarchie entre les notions : si certaines n'ont été introduites que par "habitudes universi-taires", d'autres sont néanmoins nécessaires. En prenant l'exemple du concept d'énergie, concept de physique bien sûr, mais également utilisé par les biologistes, les technologues, les économistes, etc., l'approche privilégiée du physicien (l'énergie est une fonction conservative...) ne peut être la seule voie d'approche avec des enfants. Il faut également prendre en compte le caractère consommable (l'énergie, ça s'use...) et le caractère utilitaire (l'énergie, ça sert à...), chacun de ces caractères étant l'aboutissement de toute une démarche d'approche. Le concept d'énergie peut donc être considéré comme construit par la convergence de trois approches, chacune avec sa logique, ses situations-problème, ses notions intermédiaires réparties en réseau.



Une telle représentation d'un champ conceptuel par des notions mises en relation n'est pas sans rappeler un outil des logiciens de la langue (les réseaux sémantiques), et un mode d'approche du savoir qui est à l'origine des études sur l'intelligence artificielle. Une grille plus détaillée concernant l'énergie figure dans le rapport "Procédures d'apprentissage

en sciences expérimentales", rapport de cette recherche INRP, publié en 1985, et peu à peu d'autres grilles de ce type voient le jour. Toutes cherchent à mettre en relation des énoncés différenciés et évolutifs, sans préjuger des stratégies pédagogiques que les maîtres peuvent utiliser, pour permettre les cheminements des enfants, qui atteindront pour telle ou telle approche un "niveau de formulation" en accord avec le niveau d'étude : on signifie par là qu'un même concept peut être envisagé de façon cohérente et convergente à différents moments de la scolarité (sans pour autant prôner un enseignement de l'énergie de la Maternelle à l'Université !).

Outils difficiles à mettre en œuvre pour un enseignant, encore plus délicats à construire (leur nombre restreint actuel le prouve), trames conceptuelles et objectifs-obstacle sont néanmoins deux notions qui ont émergé des recherches en didactique des sciences, à l'INRP en particulier, et sont largement reconnues par la communauté des didacticiens. Les actions de formation qui les réinvestissent en prouvent la richesse, et encouragent les chercheurs à poursuivre, malgré le caractère ardu de la tâche. Et l'on touche là un point fondamental de toute recherche en didactique, celui de sa validation pratique auprès des enseignants, qui commence par sa diffusion. Lorsqu'il s'agissait de proposer des activités "faisables", la diffusion des résultats était immédiate ; sur des notions plus abstraites par rapport aux préoccupations des praticiens, la médiation d'actions de formation devient nécessaire, bien que non suffisante.

4 – DES OUTILS POUR LA FORMATION DES MAÎTRES

La quantité de notions mises en avant, de situations innovantes mises au point, de séquences actives analysées devenant très importantes, le potentiel d'outils utilisables peut néanmoins sembler amplement suffisant pour nourrir les actions de formation dans un système où la formation est une reproduction, où l'acte pédagogique se résume à la transmission. Une phase de prise de recul et d'accommodation doit être effectuée avant de mettre à disposition de tels outils ; c'est l'étape suivante que l'équipe ESCIEX a abordée.

4.1. Les conditions d'une nouvelle recherche

En rester à ce niveau de conception de la formation aurait été en opposition avec les conceptions constructivistes des apprentissages que nous avons jusque là supportées comme hypothèse de base. Or, dans son ensemble, la formation est un apprentissage, dont le processus a été analysé par plusieurs auteurs qui ont fait ressortir plusieurs modes d'intervention suivant le degré de centration du formateur. Marcel Lesne⁸, par exemple, en met trois possibles en évidence, un mode centré sur les contenus (transmissif et normatif), un mode centré sur le développement personnel de l'apprenant, et un mode centré sur son insertion sociale. Si une telle classification peut sembler réductrice, elle mon-

⁸ Marcel LESNE. *Travail pédagogique et formation d'adultes*. Paris : PUF. 1977

tre au moins que si l'on fait le choix d'une démarche favorisant la construction de ses connaissances par l'apprenant, un tel choix nécessite que le maître en formation s'approprie ces outils par une voie qui ne soit pas uniquement celle de la transmission visant l'imprégnation. Aussi, les outils qu'un formateur mettra à sa disposition ne peuvent être dans la forme brute de leur production : une transposition des résultats de recherche doit donc avoir lieu pour faire passer auprès des maîtres en formation ce caractère nécessaire d'appropriation des apprentissages.

Or, la demande d'outils ou dispositifs de formation allant en ce sens allait croissant, tant de la part des formateurs d'École Normale que des formateurs de l'enseignement secondaire (auprès des MAFPEN, alors naissantes), et dans un avenir proche, les IUFM prendront en partie la relève. C'est pourquoi une nouvelle recherche⁹ a été lancée en 1986. Son objectif est double :

- mettre à disposition d'un public de formateurs les résultats de recherches antérieures, soit par réécriture de documents existants (certains sont en effet "illisibles" par des profanes), soit en en écrivant de nouveaux (sur des sujets apparus dans les programmes par exemple) dans le prolongement des anciens ;

- s'interroger sur la manière d'écrire un document de formation en situation de recherche (avec des aller et retour entre écriture et tests des documents produits).

Les documents de formation développés par le groupe de physiiciens participant à cette recherche ont essentiellement pour destinataires des formateurs, pour être utilisés en actions de formation (initiales ou continues) ; d'autres choix auraient pu être faits, et l'ont été par d'autres groupes de chercheurs de l'équipe, visant directement les formés (enfants ou élèves) ou les enseignants isolés. Mais toutes les productions de cette recherche possèdent une fonction formative, en ce sens qu'elles conduisent :

- à une distanciation des utilisateurs par rapport à ses pratiques existantes,

- à une analyse de ses pratiques afin de les faire évoluer, pour les réancrer dans un modèle plus centré sur l'appropriation,

- à un développement de la créativité, de l'innovation chez les formateurs et les formés.

Les aller et retour entre écriture et test en situation de formation de ces documents ont pour rôle de les rendre le plus opérationnels possible, tout en veillant à ne pas tomber dans le travers de fiches-type, au discours fermé, qui auraient renvoyé à un système transmissif, voire linéaire de la formation. Les échanges sur ces documents, au cours de stages réunissant les différents chercheurs, permettent de garantir la propriété d'isomorphisme entre le modèle pédagogique que les maîtres

⁹ "Mise au point de documents ressources en didactique des sciences expérimentales", recherche de l'équipe ESCIEX, DP1. INRP.

formés appliqueront dans leurs classes, et le modèle de formation mis en avant par les documents produits.

4.2. Quelles productions pour une telle recherche ?

Commencée en 1986 à la suite du travail sur les procédures d'apprentissage, cette recherche se terminera en juin 1990 pour la partie productive, et sera suivie par une phase de mise en cohérence, voire de réécriture finale d'une année ; ce n'est qu'alors que les documents seront disponibles. Sans chercher à aller trop loin dans le cadre de cet article, et compte tenu du caractère inachevé des productions, on peut néanmoins décrire les grandes lignes qui ont prévalu aux travaux du groupe de physiciens, tous formateurs en École Normale, visant donc des maîtres, ou futurs maîtres, de l'École Élémentaire. Les documents produits à l'heure actuelle n'abordent donc pas l'aspect auto-formateur, ni ne visent un public d'élèves.

Il s'agit de mettre au point des documents de formation en didactique des sciences physiques, destinés à des formateurs qui les utiliseront dans le cadre des actions qu'ils mènent, à condition pour eux d'envisager un renouvellement des méthodes et contenus de leurs enseignements. Par rapport aux trois axes de l'activité didactique (schématisé par les côtés du "triangle"), on peut faire ressortir trois finalités possibles pour de telles productions :

- viser l'évolution des choix pédagogiques des enseignants et leur conception des processus d'apprentissage (relation formateur/apprenant),
- prendre la mesure de la distance entre science se faisant et science enseignée (relation formateur/contenus),
- être conscient de la construction des savoirs par évolution des représentations des apprenants (relation apprenant/contenus).

Les documents produits tiendront préférentiellement de l'une ou l'autre de ces finalités, voire de plusieurs d'entre elles.

Un recensement des besoins, appuyé sur la pratique des chercheurs, effectué dès le début de la recherche a permis de faire ressortir les thèmes qu'il semblait nécessaire de traiter pour, sans chercher à être exhaustif et former un ensemble suffisamment convaincant et modélisant. Cet ensemble porte aussi bien sur les notions scientifiques (contenus, démarches et méthodes), que sur le rôle de l'enseignant (mise au point d'actions de formation, analyse et développement de la relation maître-élève, modèle pédagogique,...). La rédaction des premières fiches, qui ont porté en général sur des domaines de contenus nouveaux (électronique, astronomie, automatismes,...) a vite montré la difficulté de mise en cohérence, même imparfaite dans un premier temps, des productions et a fait émerger la nécessité d'un cadre d'écriture pour aborder la diversité envisagée.

En plus de la présence d'un exemple de dispositif de formation réellement mis en œuvre, afin de convaincre de la faisabilité de la proposition, de quelques éléments bibliographiques indispensables à un travail

de ce type, de prolongements envisageables, il importe qu'une telle fiche présente au formateur utilisateur les intentions structurées de ses auteurs :

- si la fiche porte sur un domaine scientifique, elle doit préciser le modèle scientifique de référence et ses limites (qui ne sont pas forcément celles du modèle universitaire), et laisser transparaître le cadre pédagogique dans lequel le formateur doit se placer pour appliquer efficacement la fiche,
- si la fiche porte sur un aspect pédagogique ou méthodologique, elle doit expliciter le modèle pédagogique de référence sur lequel le formateur s'appuie et qu'il développe par un aspect particulier, en laissant transparaître pour l'utilisateur de la fiche le modèle de formation mis en œuvre.

Par exemple, on abordera l'électronique dans le cadre de la transmission d'information (modèle scientifique), en faisant découvrir les propriétés des différents composants, que l'on fera fonctionner, pour permettre l'appropriation des contenus et savoir-faire aux apprenants (modèle pédagogique), dans le premier cas. On analysera les tâches d'un enseignant scientifique en faisant exprimer les représentations des formés (modèle pédagogique), en leur permettant d'investiguer diverses situations pour conduire à une structuration finale (modèle de formation), dans un exemple de second type. Il y a donc trois modèles possibles en œuvre dans l'ensemble des documents envisagés et, suivant le thème sur lequel porte la fiche, deux seront prépondérants, ce que l'on peut résumer dans le tableau ci-dessous :

Modèle	Modèle de référence (explicite)	Modèle en œuvre (implicite)
Nature de la fiche		
Fiche à contenu scientifique	Modèle scientifique	Modèle pédagogique
Fiche à contenu pédagogique-méthodologique	Modèle pédagogique	Modèle de formation

Le dispositif de formation, donné en exemple dans chacune des fiches, doit être conforme à cette émergence des modèles mis en œuvre. L'application de ce dispositif par d'autres chercheurs-formateurs que l'auteur doit permettre de le vérifier, ce qui fait que cette activité de production est effectivement une activité de recherche, et pas uniquement une activité d'innovation. Mais cette opération de test des fiches proposées a également pour fonction, grâce aux échanges entre les chercheurs, de vérifier et de valider l'unicité du modèle de formation au sein de chacune des productions, répondant ainsi à une hypothèse de départ de la recherche.

Viser et proposer des transformations dans un système qui en exprime le besoin font que cette recherche de production de documents de formation peut être qualifiée de recherche-action, réalisée par des

chercheurs qui sont formateurs eux-mêmes, et qui mettront à la disposition d'autres formateurs leurs productions testées et validées. Mais c'est également une recherche théorique de didactique, dans le sens où elle cherche à préciser le concept de formation par l'éclairage de l'écriture de documents, même si, bien sûr, toute la formation ne peut passer seulement par le vecteur de l'écrit.

Mettre à disposition des formateurs et des maîtres des objets d'enseignement dont la faisabilité a été vérifiée a été la première tâche réalisée par la recherche. Une fois accomplie, le centre d'intérêt s'est porté sur l'acte d'enseignement, et les relations entre ses acteurs, enfant-apprenant, savoir et maître. La mise en avant de notions-clé de la didactique¹⁰ a alors conduit à la question de rendre utilisables par des formateurs ces notions sous forme de dispositifs de formation cohérents dans leur ensemble. Tous ces produits de la recherche INRP en pédagogie puis en didactique des sciences, en physique en particulier, seront certainement très utiles pour les concepteurs de formation dans les prochains IUFM. Mais la nécessité pour un formateur de constamment s'interroger sur sa pratique et les contenus qu'il doit transmettre laisse envisager une demande croissante de constitution d'équipes de recherche, et l'INRP, avec son potentiel acquis, en particulier en sciences, continuera son action motrice et novatrice.

Jacques TOUSSAINT
École Normale d'Orléans
Equipe ESCIEX, DP1, INRP

¹⁰ Jean Pierre ASTOLFI et Michel DEVELAY. *La didactique des sciences*. Paris : PUF. Que sais-je. 1989.