HISTOIRE D'UNE RECHERCHE

Roland CHARNAY

De l'école normale à l'IUFM rien n'aura changé si la recherche ne vient pas alimenter les pratiques des formateurs et enrichir l'expérience des formés. Il est impératif pour des formateurs «à temps plein» de s'impliquer fortement dans des travaux sur le terrain, avec de «vrais» élèves, faute de quoi le reproche d'une formation trop théorique, coupée des réalités risque bien d'être justifié.

Fort de cette conviction, j'ai choisi de décrire ici quelques repères d'un itinéraire de recherche au sein de l'équipe «mathématiques» de l'INRP qui peuvent éclairer tout à la fois les travaux de recherche dans lesquels je suis impliqué aujourd'hui et l'évolution de mes pratiques de formateur au cours des vingt dernières années, auprès d'instituteurs et de professeurs de collège.

La complexité

Durant ces six dernières années, l'équipe de recherche en didactique des mathématiques de l'INRP s'est en particulier consacrée à l'apprentissage des nombres, du calcul et de la résolution de problèmes chez les très jeunes élèves (5 à 8 ans), et pour cela elle a eu à produire, expérimenter et analyser des dispositifs d'enseignement (6), (7), (9c), (17). Il y a une vingtaine d'années cette équipe (avec il est vrai d'autres participants) travaillait sur le même thème. Les approches sont radicalement différentes, mais ce qui me frappe le plus en comparant ces deux périodes, c'est la prise de conscience de la complexité : hier, nous avions des certitudes et il s'agissait de les opérationnaliser ; aujourd'hui nous mesurons la complexité des questions qui se posent à nous et, munis de référents théoriques qu'il faut sans cesse interpeller, nous tentons d'élaborer des réponses que nous savons provisoires.

Que ce soit pour analyser des faits de classe ou pour produire des situations d'enseignement relatifs à ces apprentissages, il faut ordonner et découper la complexité. En accord avec la plupart des didacticiens nous choisissons d'aborder ces questions d'un triple point de vue. **Le point de vue du savoir** conduit à se poser des questions d'ordre épistémologique (comment a évolué l'idée de nombre au cours de l'histoire ? comment ont évolué les pratiques sur les nombres ? qu'est-ce qu'un nombre pour le mathématicien actuel ?...), d'ordre conceptuel (comment s'articulent les concepts entre eux ? qu'est-ce qui leur donne du sens ? ...) et d'ordre socio-culturel (quelles sont aujourd'hui les pratiques sociales de calcul ? quels sont les besoins «du quotidien» ? quels sont ceux de l'»honnête homme» ? ou encore ceux de l'élève pour sa scolarité future ?...). **Le point de vue de l'apprenant** oblige à prendre en compte des caractéristiques liées au développement actuel des élèves, mais aussi à mettre à jour et à élucider leurs conceptions des notions enjeux de l'apprentissage : que savent-ils déjà ? comment le savent-ils ? comment utilisent-ils ces savoirs ? avec quelles difficultés ? quelles erreurs ? Enfin, **le point de vue de l'enseignement/apprentissage** amène à élucider les options de l'enseignant sur quelques questions centrales : comment les enfants apprennent-ils ? comment apprennent-ils des mathématiques ? quelles sont les situations, les organisations favorables à cet apprentissage ? comment l'enseignant doit-il gérer ces situations ? quel doit être son rôle dans la classe ? ...

Ajouter que ces trois points de vue sont en étroite interaction et ne sont pas exclusifs d'autres approches revient à souligner la nécessité d'une **approche systémique des questions d'apprentissage**. C'est aussi mettre en évidence la difficulté de la formation des enseignants et plus particulièrement de ceux du premier degré, confrontés à plusieurs disciplines! Permettre une maîtrise suffisante des contenus et une appropriation aussi large que possible d'outils et de dispositifs d'enseignement utilisables (des recettes ?) ne doit pas occulter la nécessité de doter les futurs maîtres des référents théoriques qui, seuls, permettent une pratique éclairée. Et encore ne considère-t-on ici qu'un aspect du métier d'enseignant!

L'enthousiasme

L'aventure commence en 1968, dans une école normale. Période de tous les changements... ou plutôt de tous les désirs de changement. La recherche c'est d'abord la recherche de la survie. Comment assurer la formation à l'enseignement du calcul à l'école primaire ? Il y a bien quelques ouvrages, aux couvertures renforcées et aux pages jaunies, à propos de l'enseignement de l'arithmétique. Mais que tout cela paraît ancien, peu compatible avec le vent qui s'est levé sur les pavés parisiens. Il faut trouver ailleurs les matériaux pour une formation dans l'esprit du mouvement des «maths modernes» qui commence à se répandre. Les travaux du canadien DIENES ou du belge PAPY, ceux de l'IPN (devenu INRDP, puis INRP), ceux encore des IREM naissants, tous impulsés ou relayés par l'APMEP, vont servir de base et de tremplin à une vaste entreprise de réflexion sur l'enseignement de la mathématique à l'école primaire (20), (27). Il s'agit alors de s'informer pour mettre en place, localement, de premières «expériences» (comme on appelle alors ce qui n'est que tentative d'acclimatation d'innovations produites ailleurs).

Il s'agit en fait de tout changer. Et d'abord les contenus. Pour que la mathématique enseignée soit celle qui se fait (en réalité une petite partie de celle qui s'est faite, il y a bientôt un siècle!). C'est ainsi que le nombre de l'enfant de 7 ans doit être le nombre du mathématicien, que son premier enseignement doit suivre les étapes exigées par la définition mathématique du cardinal. Comment comprendre le nombre si on n'a pas réalisé des classes d'équivalence d'ensembles ? Comment comprendre l'addition si on n'a pas manipulé les notions de réunion et d'intersection ? Les blocs logiques, le matériel multibase vont y aider. Et cette mathématique moderne (ou, pour d'autres, cette façon moderne d'enseigner les mathématiques) devrait favoriser, pour le plus grand nombre, l'accès à ce langage universel, la mathématique. Les options structuralistes qui sous-tendent ces propositions seraient ainsi au service d'une volonté de démocratiser l'accès aux savoirs : les «mathématiques modernes» sont aussi les «mathématiques pour tous». Et puis tout cela n'est-il pas en conformité avec les travaux du grand psychologue qu'est PIAGET ?

C'est pain béni pour le formateur qui peut utiliser ses connaissances, marquer sa différence et répondre à une demande qui va croissante, même si elle est parfois empreinte de méfiance. La formation continuée des instituteurs se met en effet lentement en place à cette époque. **Formation et militantisme** se confondent alors largement pour promouvoir cet enseignement renouvelé qui concrétise «un accord parfait entre les exigences de la mathématique dite moderne et les recommandations que les chercheurs en psychologie et en pédagogie peuvent faire à ceux qui enseignent» (selon G. WALUSINSKI). La mathématique moderne apparaît ainsi comme fille de BOURBAKI et de PIAGET (selon l'expression de B. CHARLOT) (24).

L'appétit de formation pour cette mathématique nouvelle est en effet réel à cette époque. Des journées de formation, cours du soir, clubs de mathématiques rassemblent des enseigannts (et souvent des parents) autour d'activités comparables à celles que l'on souhaite voir proposées aux élèves : parents et enseignants à égalité avec les enfants pour apprendre les ensembles, les relations, les bases, ...

Mais bien vite, il faut déchanter. Les activités proposées par certains manuels (et même par la plupart) sont souvent de peu d'intérêt : colorier l'ensemble des canards ou relier les lapins et les carottes, est-ce bien travailler sur les notions d'ensemble ou de bijection ? La patatomanie prend le pas sur l'activité et la réflexion de l'enfant. On se sent comme trahi ! Et, plus grave, même lorsque l'esprit est respecté, certains enfants résistent à un enseignement dont la logique paraissait pourtant assurée. L'utilisation de bases non décimales semble, pour certains, ajouter des difficultés à l'apprentissage de notre système d'écriture des nombres... alors qu'il s'agissait de le préparer, de l'éclairer. La soustraction garde ses difficultés, malgré le travail préalable sur les ensembles complémentaires.

Il faut donc continuer à observer, à réfléchir, remettre en question, continuer les échanges dont la période précédente a été riche (notamment dans le cadre des IREM, lieux irremplaçables d'innovations et de débats). Et pour cela, rien ne vaut une équipe ! Pour moi, ce sera l'équipe INRP.

La réflexion

L'équipe «maths» de l'INRP a ceci de particulier qu'elle a une exigence de production collective. C'est-à-dire qu'on ne s'y contente pas de confronter des propositions diverses pour affiner chacune d'elles, mais que cette confrontation doit aboutir à une production commune de l'équipe. Le fruit des premières longues années de travail (une dizaine de 1971 à 1981) de l'équipe sera ERMEL (5).

ERMEL symbolise un type de recherche qui ne peut se concevoir que dans une institution comme l'INRP et qui est souvent dénigrée sous l'appellation de «recherche-action»[1] par opposition avec la recherche traditionnelle marquée par une plus grande distanciation du chercheur avec son objet d'étude. La pertinence (voire la raison d'être) de l'équipe INRP est justement qu'on peut y conduire ces deux types de recherche qui s'interrogent l'une l'autre et se nourrissent mutuellement.

ERMEL, c'est un défi : produire, expérimenter, affiner un ensemble complet de dispositifs d'enseignement des mathématiques pour la totalité du cursus élémentaire. Une dizaine d'années de travail. Un matériau pour les élèves et pour les maîtres, mais surtout un support pour la formation des instituteurs.

ERMEL, pour ceux qui y ont été associés, a d'abord été le lieu de leur formation de formateur-chercheur. Ce type d'équipe, associant constamment des maîtres et des formateurs, collaborant avec des universitaires en pointe dans leur domaine (psychologie cognitive, notamment) oblige à élucider les hypothèses, à préciser les bases théoriques sous-jacentes, à les confronter constamment à «la réalité» du terrain, à une réalité authentique dans la mesure où il ne s'agit pas de réaliser une expérimentation locale, isolée, mais de s'inscrire dans la durée des apprentissages.

Réflexion théorique solide et connaissance des «réalités» de la classe sont deux atouts indispensables pour la crédibilité du formateur. Il lui reste malgré tout à élaborer une stratégie de la formation et des dispositifs spécifiques à une formation d'adultes.

ERMEL, c'est aussi une évolution : **d'une pédagogie des mathématiques à la didactique des mathématiques**. Au début, et encore dans la mouvance des maths modernes, la réflexion porte d'abord et essentiellement sur les contenus, sur leur renouvellement. On s'attache par exemple à comparer les résultats d'un enseignement de la soustraction à partir d'une «présentation» par les ensembles complémentaires et d'une autre basée sur la notion de distance. Les arguments évoqués en faveur de l'une ou l'autre de ces approches font très peu référence aux «procédures spontanées» des élèves. Le déroulement proposé des activités est fondé prinicipalement sur une logique du savoir. Mais les mises en oeuvre

---

1 Le terme de «recherche participante» convient sans doute mieux pour marquer la volonté d'associer les praticiens aussi bien à la conception, à la mise en oeuvre et à l'analyse des outils et produits de la recherche.

suggérées soulignent les prises de position pédagogiques marquées, au moins implicitement, par **les «méthodes actives»** (FREINET, notamment) ou encore par des écrits comme ceux d'AEBLI (19) : **activité** de l'élève, situations permettant une **construction** par l'élève du langage mathématique et de ses utilisations, ...

Progressivement, les conceptions vont évoluer, influencées notamment par les apports de plus en plus en nombreux d'une discipline qui se crée et se développe, **la didactique des mathématiques** (il faut ici citer en particulier les échanges avec G. BROUSSEAU). Ceux-ci nous conduisent à relire PIAGET (28) sous un jour nouveau (et à s'intéresser aux écrits de VYGOTSKI (36)), à dépasser la référence aux stades et aux structures pour dégager de ses travaux le caractère constructiviste de l'acquisition des connaissances (rôle des interactions sujet-milieu et théorie-pratique, théorie de l'équilibration, ...). Ils nous ramènent également aux écrits de BACHELARD sur l'épistémologie qui, à travers la notion d'obstacle utilisée pour décrire l'évolution des découvertes scientifiques, permettent un pont avec les idées de PIAGET sur l'évolution des connaissances chez l'enfant. C'est alors l'idée de **situation-problème** (selon une terminologie introduite par notre équipe), d'apprentissage **par** la résolution de problèmes qui s'affirme. La théorie des situations de BROUSSEAU (23) aidera à clarifier les ressorts (action, formulation, validation) d'un tel modèle d'apprentissage. La résolution de problèmes, qui avait fait largement les frais (malgré les déclarations d'intention) de la vague «maths modernes», est remise à l'honneur, mais avec une fonction bien différente. Le problème n'est plus uniquement destiné à permettre l'application des connaissances, il devient d'abord **le lieu et le moyen** de leur élaboration.

Mais s'appuyer sur la résolution de problèmes amène plusieurs questions. Cela impose de prendre en compte les **procédures** «spontanées» des élèves pour leur permettre de les faire évoluer, voire d'y renoncer pour en adopter de nouvelles. Quelles sont donc ces procédures ? Evolueront-elles de la même manière, en même temps pour tous les élèves ? Comment sur cette base-là aboutir à un savoir commun, reconnu par tous, institutionnalisé (comme diront les didacticiens) ? Il faut également s'interroger sur l'activité même de résolution de problèmes, sur ce qui est en jeu chez l'élève lorsqu'il est confronté à ce type de tâche. Autant de questions posées dans le cadre d'une «recherche-action» et qui conduiront l'équipe à s'engager vers des recherches de type fondamental.

Pendant toute cette période, la formation évoluera, au gré des réformes qui n'ont pas manqué, mais surtout en interaction étroite avec les travaux et les productions de la recherche. La logique du savoir est encore dominante, mais de plus en plus on s'intéresse à la logique des situations proposées aux élèves, aux caractéristiques qu'elles doivent posséder pour être de véritables situations d'apprentissage (et pas seulement d'enseignement) : sommairement, la situation doit être choisie pour mettre en défaut les connaissances de l'élève, tout en restant adaptée à ses possibilités d'investigation pour lui permettre de trouver une issue et ainsi de commencer l'élaboration de nouvelles connaissances.

Dans la réalité de la formation, c'est encore souvent le seul point de vue du savoir à enseigner qui prévaut : il faut assurer sa maîtrise par les futurs instituteurs, leur permettre de penser son organisation à travers une progression qui en guidera l'enseignement, leur fournir des exemples de situations qui seront essayées en classe, ... Le regard se porte parfois sur l'enseignant (pour sa «conduite» de la classe) ou sur les élèves (pour leur comportement général ou l'évaluation de leurs performances). Le recours à la vidéo (pour montrer les éléments d'une progression ou une situation d'enseignement ou pour analyser le comportement de l'enseignement) est assez fréquent.

Et pourtant, cette notion de situation-problème ne serait-elle pas également pertinente pour la formation ? Ne faut-il pas une certaine cohérence entre les méthodes utilisées en formation et celles que l'on préconise pour l'enseignement ? Les futurs enseignants ne retiennent-ils pas mieux ce que l'ont fait avec eux et comment on le fait, ce qu'on leur fait faire... que ce qu'on leur dit de faire ? Il faut penser à élaborer des situations-problèmes pour la formation.

Le questionnement

La période précédente fut marquée par le désir d'enseigner aux jeunes élèves à partir d'une réflexion sur la totalité des savoirs de l'école élémentaire. Sur cette base, à partir des questions que ne manquent pas de poser les expérimentations auxquelles a donné lieu une telle entreprise, éclairée par les résultats d'une vaste enquête conduite auprès des élèves et des maîtres de CE2 et de CM2, interpellée également par les nombreuses publications dans les domaines de la didactique et de la psychologie cognitive, l'équipe s'engage dans une phase d'analyses approfondies.

Nos préoccupations étaient jusque-là d'abord guidées par les savoirs et leur enseignement. Nous nous intéresserons maintenant davantage aux élèves et aux enseignants. Deux thèmes en étroite dépendance vont être au coeur de ces travaux.

La résolution de problèmes d'abord

Comment les élèves abordent-ils différents types de problèmes ? Comment par exemple traitent-ils un problème inédit, un problème qu'on ne leur a pas appris à résoudre (ce que l'IREM de LYON nommera plus tard «problème ouvert» (22)) ? Quelles sont leur difficultés ? Quelles représentations maîtres et élèves ont-ils de cette activité ? Quelles fonctions les maîtres lui assignent-ils ? Y a-t-il à cet égard des différences entre l'école et le collège ?

L'erreur ensuite

Dans quelles conditions les erreurs sont-elles produites ? Quelles hypothèses peut-on faire sur leur origine ? Ont-elles un statut différent à l'école et au collège ?

Sur toutes ces questions de nombreuses études sont alors conduites par l'équipe, sur la résolution de problèmes «de division» avant apprentissage de cette opération, sur la résolution de problèmes «non familiers» (ou ouverts), sur la lecture d'énoncés et sur le statut du problème en classe (9a), (9b).

Expérimentations isolées en classe, observations d'élèves hors de la classe, analyse de brouillons, interviews, questionnaires, observations de séquences à l'aide d'instruments spécifiques (grilles d'observation),... De nouvelles méthodes de recherche sont à mettre au point. Les synthèses de J.F. RICHARD (qui collabore d'ailleurs aux travaux de l'équipe) éclairent nos observations et aident à les comprendre (33).

Les interprétations de conduites d'élèves en terme de traitement de l'information, de procédures de traitement et de procédures de contrôle, la référence à une typelogie des raisonnements constituent, pour beaucoup d'entre nous, une approche nouvelle de l'activité de résolution de problèmes... qui pose d'ailleurs la question de la possibilité d'un apprentissage à la résolution de problèmes (que certains chercheront très vite à explorer).

Pour l'analyse des erreurs des élèves, le maintenant fameux triangle didactique nous semble offrir un cadre conceptuel approprié. Les notions d'obstacles, de conceptions, de contrat didactique y trouvent une utilisation particulièrement pertinente, de même que la notion de charge mentale de travail. L'expérience devenue célèbre de «l'âge du capitaine» (IREM de GRENOBLE) a, par exemple, attiré l'attention sur le fait que, dans les réponses erronées des élèves, les savoirs mathématiques ne sont pas seuls en cause, mais qu'intervient également l'interprétation que l'élève fait de la tâche dans le contexte dans lequel elle lui est proposée, en fonction de sa perception du «contrat didactique» : qu'attend-on de moi lorsqu'on me pose cette question ? La question de l'utilisation en classe de cette analyse plurielle de l'origine des erreurs est posée, tout comme celle de la prise en compte des fonctionnements cognitifs différents qu'elle révèle...

Qu'en est-il justement dans les classes ? La recherche «Articulation école-collège», menée en collaboration avec quatre autres disciplines, permet de fournir quelques réponses à cette question. Le plus souvent, à l'école comme au collège, l'erreur est interprétée comme le signe d'une absence de connaissance ; elle est traitée comme un parasite qu'il faut éliminer au plus vite pour lui substituer la bonne réponse. Ni l'élucidation du processus qui a conduit à sa production, ni la recherche de ses origines dans le fonctionnement cognitif de l'élève ne semblent être dans les préoccupations de la majorité des enseignants, encore moins son utilisation comme support possible de l'apprentissage. De la même manière, les activités de résolution de problèmes sont rarement utilisées comme moteur des apprentissages : le problème, c'est ce qui vient après l'apprentissage, pour en contrôler les effets (2), (3), (4), (9b), (10), (12).

Ces travaux ne font qu'objectiver, préciser ce que beaucoup ont constaté empiriquement. Les conclusions, rapportées ici très succinctement, questionnent le chercheur et le formateur.

Sans doute, dans les «recherches-action» (comme d'ailleurs dans les recherches plus locales) faut-il prendre en compte davantage la part de l'enseignant : ses conceptions sur l'apprentissage et sur l'enseignement influent nécessairement sur l'interprétation qu'il fait des documents d'enseignement qui sont soumis à expérimentation et sur les multiples décisions qu'il est amené à prendre dans leur mise en oeuvre avec les élèves. Cette question devient cruciale dans l'analyse des produits des recherches participatives comme celles que nous conduisons. Des travaux sont d'ailleurs conduits actuellement par certains didacticiens sur ce thème. Dans le même ordre d'idée, la question se pose avec encore plus d'acuité de l'exportabilité des situations d'enseignement produites dans le cadre de la recherche vers des enseignants qui n'ont pas participé à leur élaboration.

Retour donc sur les problèmes de formation, sur la nécessité de prendre en compte les «modèles implicites» d'enseignement des formés et la distance qui peut exister entre ces «modèles implicites» et les «modèles de référence» valorisés par la recherche. M. DEVELAY (26) a, dans sa thèse, analysé cette question avec beaucoup de pertinence pour les sciences expérimentales. De la même manière que, dans l'enseignement avec les élèves, il est nécessaire de travailler sur leurs savoirs, savoir-faire, conceptions spontanées ; de même, en formation, il convient de prendre en compte explicitement (comme objet de formation) les représentations implicites des formés sur l'apprentissage et l'enseignement. Pour notre part, nous avons élaboré quelques scénarios de formation qui tentent de prendre en compte ces différentes dimensions : confrontation de projets d'enseignement, rédigés chacun en référence à un modèle d'enseignement, pour provoquer des débats sur les conceptions relatives à l'apprentissage ; analyse et interprétation d'erreurs d'élèves ; observation de doublettes d'élèves confrontés à un problème inédit ...

Au moment où se mettent en place les IUFM, il est inquiétant de constater que certains puissent encore défendre l'idée que la seule maîtrise académique des savoirs suffit à une formation professionnelle. Mais peut-être faut-il aussi prendre en compte (et travailler sur) les représentations de certains «responsables» de formation...

À nouveau... l'action

Ce détour par des travaux davantage centrés sur des questionnements plus distanciés, moins impliqués, devait nécessairement aboutir à un retour au désir et à la volonté d'agir, à une remise sur le chantier de ce qui a pu être élaboré il y a maintenant plus de dix ans. D'autant plus que la demande auprès des formateurs de mathématiques, après la parenthèse informatique, se fait à nouveau pressante.

La question de l'apprentissage des nombres et du calcul peut (et doit) aujourd'hui être posée différemment.

Nos propres recherches (alimentées et recoupées par celles d'autres didacticiens) mettent l'accent sur le rôle de la résolution de problèmes et sur les conceptions des élèves (en partie révélées par leurs erreurs) dans l'apprentissage des concepts mathématiques. Sommairement, elles conduisent à quatre types d'impératifs :

- la nécessité de connaître et de prendre en compte, dès le départ de l'apprentissage du domaine numérique et à chacune de ses étapes, les savoirs et les savoir-faire (corrects ou erronés) des élèves, ce sur quoi nous renseignent plusieurs études de psychologie conduites en France et à l'étranger depuis quelques années (voir ci-dessous),

- la nécessité, à partir de là, de travailler dès le départ le sens des connaissances enseignées, donc de les faire fonctionner d'abord comme des **outils** intéressants pour résoudre certains problèmes avant de les considérer comme des **objets** mathématiques étudiés pour eux-mêmes (il faut d'ailleurs plutôt parler de dialectique outil-objet, comme le fait R. DOUADY) : «les nombres, à quoi ça sert ?» avant «les nombres, qu'est-ce que c'est ?», ce qui constitue un renversement de point de vue par rapport à la période 70-80 ;

- la nécessité d'élaborer des situations-problèmes dont la résolution permettra à certains élèves de construire, et à d'autres de s'approprier, les connaissances et le langage qui permet de les exprimer,

- la nécessité d'un travail d'ordre méthodologique sur la résolution de problèmes (apprendre à résoudre des problèmes).

Les apports de travaux en psychologie d'origines diverses (C. MELJAC, M. FAYOL, T. CARPENTER et J. MOSER, F. CONNE, J.P. FISCHER, R. GELMAN, ...) (29) nous incitent à reconsidérer les approches jusque-là défendues pour l'apprentissage des nombres et du calcul. Le comptage jouerait un rôle plus important dans la construction des compétences numériques que ne le laissaient entendre les travaux de PIAGET sur le nombre, que ce soit pour l'accès à l'idée de nombre ou pour les premières tentatives de résolution de problèmes arithmétiques, ceux qui donneront sens au calcul : en résumé, «du comptage... au calcul», voilà quel pourrait être le chemin à baliser. D'autre part les élèves manifesteraient, dans ces domaines, des compétences et des possibilités plus précoces (et importantes à développer) qu'on ne le laissait entendre jusque là ; ce qui invite à repenser la place des activités numériques à l'école maternelle, devenues très marginales.

D'autres travaux, notamment ceux de G. VERGNAUD (35), conduisent à considérer l'organisation des concepts et donc leur apprentissage de manière différente. L'analyse en terme de champ conceptuel impose par exemple de ne pas séparer addition et soustraction, mais au contraire à les étudier simultanément (dès les premiers apprentissages). Ils montrent également que la construction de ces champs conceptuels par les élèves s'étend sur un temps beaucoup plus long qu'on ne le suppose habituellement. Etudier addition et soustraction en même temps donc, mais en pensant leur apprentissage sur le long terme.

On peut ajouter à ces considérations assez générales un autre axe de réflexion qui s'est imposé à nous, à partir d'une analyse des «pratiques sociales de référence» chères à J.L. MARTINAND (30). Quels sont les outils de calcul utilisés aujourd'hui ? En quoi la vulgarisation des calculettes amène-t-elle à reconsidérer la place respective des techniques opératoires, du calcul mental et du calcul avec une machine ? Comment intégrer véritablement l'outil calculette dans ces apprentissages numériques et dans les activités de résolution de problèmes ? C'est finalement à partir d'une triple analyse (en termes d'épistémologie, de psychologie et de pratiques sociales) que peut être pensée la transposition didactique des savoirs.

On ne peut pas terminer sans évoquer un autre défi, celui que nous lancent en particulier les réflexions de P. MEIRIEU (31) sur la nécessité de la différenciation dans les apprentissages, défi que reprend à son compte l'institution avec la mise en place des cycles à l'école primaire.

Comment peut-on traiter tout cela, répondre à la demande des enseignants et à celle, non moins pressante de l'institution, sans mettre en place des recherches qui impliquent étroitement les enseignants de terrain et les formateurs-chercheurs, en s'intéressant à une large partie des apprentissages et en les considérant sur le long terme (la durée d'un cycle de 3 ans par exemple) ? C'est ce à quoi s'est attelée notre équipe depuis quelques années.

Les pratiques de formation ne peuvent que s'enrichir de ces différents types de travaux, dans leurs formes comme dans leurs contenus. Dans leurs formes, en pensant une formation qui articule les représentations des formés sur l'enseignement/apprentissage avec la résolution de problèmes d'enseignement, une formation d'essence constructiviste qui associe les étudiants à des travaux de recherche. Dans ses contenus, en reprenant les réflexions et les apports des recherches, que ces apports soient de nature épistémologique, psychologique ou didactique. Les formateurs d'IUFM auront-ils la possibilité de travailler dans cette perspective ?

*

* *

Il s'agissait de refaire un chemin de praticien.

Formateur d'enseignants, par fonction institutionnelle, je m'aperçois que j'ai surtout évoqué un itinéraire de recherche, constat aujourd'hui que c'est dans la recherche que le formateur construit ses pratiques de formation.

Ai-je décrit le chemin ? Certainement pas. Tout au plus, ai-je indiqué quelques étapes qui sont autant de repères. Mais je n'ai retracé ni les impasses, ni les méandres, ni même la manière de cheminer qui ont peut-être constitué l'essentiel de mon apprentissage...

Ou plutôt de notre apprentissage, car c'est bien du travail d'une équipe (dont la composition a d'ailleurs varié au fil des années) dont j'ai finalement rendu compte, sans là encore retracer l'essentiel : les échanges, les affrontements, les enthousiasmes, les déceptions... la vie.

Roland CHARNAY
Professeur de mathématiques
Ecole Normale de BOURG EN BRESSE (01)
Unité de recherche en didactique des mathématiques, INRP

Bibliographie (non exhaustive !)

Quelques publications de l'équipe

(1) AUDIGIER (M.N.), COLOMB (J.), ...- *Enquête sur l'enseignement des mathématiques à l'école élémentaire* : I- Comportements des élèves ; II- Opinions des maîtres, Paris, INRP, 1978

(2) Equipe de recherche «Articulation Ecole-Collège» : *Enseignants de CM2 et de Sixième face aux disciplines*, collection Rapports de Recherches, n° 9, Paris, INRP, 1986

(3) Equipe de recherche «Articulation Ecole-Collège» : *Les enseignements en CM2 et en Sixième, ruptures et continuités*, collection Rapports de Recherches, n° 11, Paris, INRP, 1987

(4) Equipe de recherche «Articulation Ecole-Collège» : *Le statut de l'erreur dans l'enseignement en CM2 et en Sixième*, collection Ecole...Collège, INRP, 1986

(5) ERMEL.- *Apprentissages mathématiques à l'école élémentaire*, 6 volumes du CP au CM, HATIER, de 1977 à 1982

(6) ERMEL.- *Apprentissages numériques* (GS de maternelle), HATIER, 1990

(7) ERMEL.- *Apprentissages numériques* (Cours préparatoire), HATIER, 1991

(8) ERMEL.- *Apprentissages mathématiques en 6ème*, HATIER, 1991

(9) *Rencontres pédagogiques*, INRP :

(9a) n° 4 : Comment font-ils ? L'écolier et le problème de mathématiques, 1984

(9b) n° 12 : En mathématiques peut mieux faire ; l'élève face à la difficulté en mathématiques, 1986

(9c) n° 21 : Un, deux... beaucoup, passionnément! Les enfants et les nombres, 1988

Quelques publications de l'auteur

(10) *L'erreur dans l'enseignement des mathématiques*, in Rencontres Pédagogiques, n° 12, 1986, p. 9-32

(11) *Des problèmes pour apprendre en CM2 et en Sixième*, Lyon, IREM, 1987

(12) *Articulation école/collège ; quels contrats disciplinaires en mathématiques ?* (avec COLOMB J. et GUILLAUME J.C.), in Revue Française de Pédagogie, n° 80, 1987, p. 25-36

(13) *Apprendre (par) la résolution de problèmes*, in Grand N, n° 42, 1988, p. 21-29

(14) *Analyser les manuels de mathématiques*, in Rencontres pédagogiques, n° 23, 1988, p. 97-107

(15) *Le contrat didactique dans la «classe vivante» en mathématiques*, mémoire de DEA, didactique des disciplines, Université LYON I, 1990

(16) *Un exemple de formation utilisant certains acquis de la didactique des mathématiques* ; dans le cadre du DEA de didactique des disciplines scientifiques, Université LYON I, 1990

(17) *Activités numériques et résolution de problèmes en maternelle* (avec VALENTIN D.), in Cahiers Pédagogiques, n°291, 1991, p. 42-44

(18) *De l'analyse d'erreurs en mathématiques aux dispositifs de remédiation : quelques pistes* (avec MANTE M.), in Grand N, n° 48, 1991

Autres publications

(19) AEBLI (H.).- *Didactique et psychologie*, Neuchâtel, Delachaux et Niestlé, 1951

(20) APMEP.- *La mathématique à l'école élémentaire*, 1972

(21) ARSAC (G.), MANTE (M.).- Le rôle du professeur, *Séminaire de didactique des mathématiques et de l'informatique 1988-89*, Grenoble, IMAG-CNRS, p. 79-105

(22) ARSAC (G.), GERMAIN (G.), MANTE (M.).- *Problème ouvert et situation-problème*.- Lyon, IREM, 1988
(23) BROUSSEAU (G.).- Processus de mathématisation.- *La mathématique à l'école élémentaire*, APMEP, 1972, p.428-457
(24) CHARLOT (B.).- Histoire de la réforme des «maths modernes».- *Bulletin de l'APMEP*, n° 352, p. 15-31
(25) CHEVALLARD (Y.).- *La transposition didactique*.- Grenoble, La Pensée Sauvage, 1985
(26) DEVELAY (M.).- *Contribution à la définition d'un modèle de formation initiale des instituteurs en activité d'éveil biologique*, thèse Paris VII, 1983
(27) DIENES (Z.).- *Les six étapes du processus de mathématisation*, Paris, OCDL, 1970
(28) PIAGET (J.).- *Six études de psychologie*.- Paris, Denoël, 1964
(29) FAYOL (M.).- *L'enfant et le nombre*.- Neuchâtel, Delachaux et Niestlé, 1990
(30) MARTINAND (J.L.).- Pratiques de référence, transposition didactique et savoirs professionnels en sciences et techniques, *Les Sciences de l'Education pour l'ère nouvelle*, n° 2, 1989, p. 23-29
(31) MEIRIEU (P.).- *Apprendre, oui mais comment ?*.- Paris, ESF, 1987
(32) PIAGET (J.).- *Psychologie et pédagogie*.- Paris, Denoël, 1969
(33) RICHARD (J.F.).- *Les activités mentales*, Paris, Armand Colin, 1990
(34) ROBERT (A.) et ROBINET (J.).- Représentations des enseignants de mathématiques sur les mathématiques et leur enseignement.- *Cahier de DIDIREM*, n°1, 1989, 41 p.
(35) VERGNAUD (G.).- Psychologie du développement cognitif et didactique des mathématiques, *Grand N*, n° 38, 1986
(36) VYGOTSKY (L.S.).- *Pensée et langage* (1934), Paris, Editions Sociales, 1985

Revues

(37) *Grand N* (pour l'école élémentaire) et *Petit x* (pour le secondaire), revues de l'IREM de GRENOBLE
(38) *Recherches en didactique des mathématiques*, n° 1.1 à 10.2-3, La Pensée Sauvage Ensemble des numéros, et plus spécialement les numéros 1.1, 2.1, 2.2, 4.2, 7.2, 9.3 et 10.2-3 qui contiennent des articles de G. BROUSSEAU, R. DOUADY, G. VERGNAUD
(39) *Revue Française de Pédagogie*, INRP