

## A quoi travaillez-vous actuellement ?

# A élargir le cadre d'analyse de l'usage des TIC dans l'enseignement des Mathématiques

Jean-Baptiste LAGRANGE

IUFM de Reims et DIDIREM

## Résumé

Cet article porte en premier lieu sur la problématique et les résultats d'une méta-étude des publications de recherche et d'innovation sur les TIC. Il développe ensuite des perspectives de recherche concernant l'enseignant utilisateur des TIC.

La méta-étude, menée par des chercheurs de cinq équipes, est partie du constat d'un décalage entre les potentialités des TIC et leur utilisation réelle dans les classes. Pour en rendre compte, il a fallu, à partir de l'analyse de différents corpus, dégager des dimensions d'analyse et des indicateurs. Deux dimensions (sémio-épistémologique et cognitive) sont dominantes dans la plupart des publications et recherches. D'autres dimensions (institutionnelle, instrumentale et situationnelle) sont très peu explorées. Les indicateurs associés à ces dimensions ont permis de sélectionner une dizaine d'articles montrant la nécessité et la pertinence des dimensions nouvelles pour comprendre les difficultés de l'intégration.

Dans ce cadre d'analyse élargi, l'enseignant joue de façon évidente un rôle central. En vue de recherches ultérieures, une sélection de travaux sur l'enseignant et les TIC sera analysée. Elle montre l'intérêt d'observer l'enseignant dans ses tentatives d'utilisation des TIC, en considérant les possibilités et contraintes que les TIC apportent à son action ainsi que les choix plus ou moins judicieux qu'il est amené à opérer.

## Introduction

Les publications d'innovation et de recherche et les instructions officielles soulignent les possibilités qu'apportent les TIC (Techniques d'Information et de Communication) pour l'enseignement des mathématiques à tous les niveaux. Pourtant, leur intégration dans les classes semble rencontrer des difficultés. Ce décalage peut s'interpréter comme résultant d'une certaine étroitesse du cadre d'analyse, souvent restreint à l'interaction élève-ordinateur-savoir. Le but des recherches que je poursuis actuellement est de replacer cette interaction dans un processus de conceptualisation à long terme et dans le cadre des institutions scolaires<sup>1</sup>. Pour cela il est nécessaire de considérer des dimensions nouvelles de l'intégration des TIC qui sont présentées au début de cet article. Ensuite, il faut s'intéresser à l'enseignant dans ses tentatives d'intégrer les TIC puisqu'il (elle) joue de façon évidente un rôle central dans ce cadre d'interaction élargi. Les recherches sur l'enseignant intégrant les TIC sont paradoxalement peu nombreuses. Tout se passe comme si chercheurs et expérimentateurs faisaient l'hypothèse d'un transfert facile de pratiques innovantes, pourvu que les enseignants disposent de capacités professionnelles et d'une formation adaptées.

---

<sup>1</sup> Ainsi, il s'agit bien d'un chantier auquel je travaille et non d'un sujet sur lequel travailler, d'où la liberté que j'ai prise par rapport au titre habituel de la rubrique.

Dans les recherches que je me propose de développer<sup>2</sup>, il s'agit davantage d'observer l'enseignant dans ses tentatives d'utilisation des TIC que de le considérer comme "récepteur potentiel" d'un savoir didactique sur l'intégration. En considérant les possibilités et contraintes que les TIC apportent à son action ainsi que les choix plus ou moins judicieux qu'il est amené à opérer, il doit être possible de mieux comprendre les phénomènes liés à l'intégration des TIC. Les recherches dont il s'agit sont seulement dans une phase préparatoire, celle qui consiste à analyser les travaux antérieurs et donc, après avoir présenté de façon résumée les dimensions nouvelles que je viens de mentionner, cet article va faire le point sur une sélection de travaux sur l'enseignant et les TIC.

## De nouvelles dimensions d'analyse des TICE

Cette partie concerne une « méta-étude » faisant suite à un appel à recherche lancé en 1999 par le Comité National de Coordination de la Recherche en Education (CNCRE).

La remarque liminaire de l'appel

“ Sur les questions éducatives, la masse de travaux produits ces trente dernières années est tout à fait considérable, et pourtant, leur cumulativité et leur visibilité apparaissent pour le moins imparfaite.... ”

nous<sup>3</sup> a semblé s'appliquer particulièrement bien aux Technologies d'Information et de Communication pour l'Enseignement (TICE). Les TICE en effet ne sont plus vraiment nouvelles et, après les espoirs suscités à un moment donné par des travaux, les tentatives de généralisation ont souvent été décevantes (Baron, Bruillard, 1996). Les tentatives de développement des TICE semblent se faire "à l'aveuglette", les mêmes erreurs et naïvetés se reproduisant à chaque nouvelle génération technologique.

La méthodologie et les résultats de cette recherche ont été publiés notamment dans (Lagrange et al, 2003) et (Lagrange, Grugeon, 2003). Je rappelle ici seulement les conclusions principales.

L'étude de la littérature de recherche et d'innovation concernant les TICE des années 1994 à 1998 nous a montré que les dimensions les plus généralement considérées pour analyser l'usage des technologies concernent d'une part le rapport entre les TIC et les savoirs mathématiques (dimension épistémologique) et d'autre part l'influence des TIC dans les conceptualisations (dimension cognitive). Ces deux dimensions ne peuvent permettre à elles seules une vision efficace de l'intégration des TIC dans notre discipline. En effet, les enjeux des rapports TIC/contenus mathématiques dépassent la seule dimension épistémologique. De plus, l'élève n'est pas seulement un "sujet cognitif" et l'évolution de son rapport aux TIC au cours de l'usage semble important à prendre en compte. Il faut donc des dimensions supplémentaires pour percevoir la complexité apportée par les TIC dans la réalité des situations d'enseignement.

Deux dimensions d'analyse, en germe dans les années étudiées, se sont développées depuis. La première est la dimension "instrumentale" qui prend en compte le développement conjoint au cours de l'usage d'un outil, de connaissances sur l'outil lui-même et de connaissances mathématiques. Une calculatrice, par exemple, n'est au départ qu'un assemblage de plastique et de silicium. L'élève qui se l'approprie va construire des usages et des représentations liant la

<sup>2</sup> Notamment la recherche "Appropriation des outils TIC par les stagiaires d'IUFM" associant cinq IUFM et l'INRP. La problématique et les premiers résultats de cette recherche sont à paraître (Lagrange, Lenfant, Vincent, à paraître).

<sup>3</sup> Cette recherche a été menée par plusieurs équipes de didactique des mathématiques et d'informatique. Voir Artigue, M. (sous la direction de), 2000.

calculatrice et les mathématiques pour lesquelles il s'en sert. Au cours du temps et des usages, ces représentations vont évoluer, parfois dans un sens mathématique, d'autres fois non. Par exemple, il est normal qu'au début, l'élève associe le graphe de la fonction sur l'écran à la fonction elle-même. Il donne ainsi un sens à des notions comme celle de représentation graphique, de croissance, de zéros. Par la suite les rapports écran/notions vont chez certains élèves devenir plus fouillés, prendre en compte les limitations matérielles de l'écran et introduire un contrôle par des éléments mathématiques. Chez d'autres élèves, en revanche, "la vérité de la calculatrice" s'installera. Dans la variété des "genèses" possibles, les situations rencontrées en classe et les choix faits par l'enseignant jouent un rôle important. Trouche (1994) a montré notamment qu'une absence de prise en compte de l'outil par l'enseignant conduit l'élève à se construire des "maths de la calculatrice" très différentes des "maths du professeur".

La seconde dimension en gestation dans les années 1994 à 1998 est la dimension "institutionnelle". Dans un contexte institutionnel donné, par exemple celui du système scolaire d'un pays comme la France, ou d'un niveau de ce système, un rôle est plus ou moins explicitement assigné à l'enseignement de notions. Des règles implicites gouvernent le fonctionnement de ces notions dans les classes. Ce fondement institutionnel constitue une situation d'équilibre qui tend à perdurer au-delà des modifications des contenus à enseigner et des modes d'enseignement (Chevallard, 1992). Les nouvelles technologies viennent modifier certains éléments qui peuvent être cruciaux dans cet équilibre, mais ne sont pas automatiquement "viabiles" dans l'enseignement. L'introduction de calculatrices simples et peu coûteuses retire par exemple sa légitimité pratique à l'apprentissage des techniques de calcul papier/crayon. L'apprentissage des "quatre opérations" à l'école élémentaire et en début de collège a néanmoins été maintenu, en raison de son intérêt pour la compréhension de la numération décimale et des écritures polynomiales. En revanche la technique d'extraction de la racine carrée en fin de collège a été abandonnée au profit de l'utilisation de l'approximation décimale donnée par la calculatrice. Cela peut s'expliquer par le caractère marginal de cette technique dans l'enseignement des maths en France et le fait qu'elle était, dans cet enseignement, peu reliée aux propriétés de la racine carrée. L'impact de la technologie sur l'équilibre institutionnel lié à un contenu ne peut ainsi s'expliquer par les seuls aspects conceptuels.

Dans cette étude de la littérature, nous avons prévu une dimension "enseignant", persuadés de l'importance de cet "acteur" de l'intégration. Cette dimension était caractérisée par des indicateurs tels que les choix à opérer lors de l'intégration d'une technologie, les compétences nouvelles à développer, la formation aux TIC et l'influence des représentations des mathématiques et des TIC. L'étude a montré que ces indicateurs sont en fait très peu pris en compte.

## **Une sélection de recherches sur l'enseignant**

Je considère dans cette partie une sélection de recherches sur l'enseignant et les TIC portant sur les années 1994 à aujourd'hui à la lumière des nouvelles dimensions indiquées plus haut. La sélection n'est pas systématique, contrairement à l'étude CNCRE. Les articles ont été retenus pour marquer une évolution. A l'exception du premier et du dernier, ils concernent le calcul formel, technologie que je connais le mieux, et où le décalage potentialités/intégration est particulièrement marqué.

La première publication (Abboud Blanchard, 1994) est une thèse comportant une analyse critique des usages des logiciels en mathématiques et des formations d'enseignants.

La seconde (Lagrange, 1996) est une étude de l'utilisation d'un logiciel de calcul formel. Elle a mis l'accent sur certains décalages entre les attentes de professeurs "experts" vis à vis de la technologie et ce qui a pu être observé dans les classes.

Les publications suivantes (Monaghan, 2001, Kendall, Stacey, 2002) s'intéressent, elles, à des professeurs moins experts. Elles tendent également à montrer des décalages, ainsi qu'une grande variabilité des pratiques.

La dernière publication (GRETIC, 2001) fait suite à la Recherche INRP "nouvelles compétences des enseignants". Elle s'intéresse au rapport des jeunes enseignants en formation avec les "nouvelles technologies" (toutes disciplines confondues).

L'enseignant, les logiciels et la formation (Abboud Blanchard, 1994)

Il s'agit d'une thèse réalisée dans un contexte "post IPT<sup>4</sup>". Après que de forts espoirs aient été placés dans l'utilisation de l'informatique à l'école, les usages se sont révélés décevants. La thèse estime à 15% les enseignants ayant une pratique, même ponctuelle, de l'informatique en classe. Les enseignants s'estiment peu formés : (23% estiment que cette formation est nulle, 46% l'estiment faible, 17% moyenne et 11% sérieuse)

La thèse relève que l'analyse "externe" des caractéristiques techniques, ergonomiques, etc. ou pédagogiques générales d'un logiciel proposée dans la littérature, ne permet pas à l'enseignant de réellement construire une utilisation en classe. Pour exploiter les potentialités d'un logiciel, il faut que l'enseignant en comprenne les caractéristiques "internes" telles que le fonctionnement des connaissances mathématiques dans le logiciel et son influence sur les situations d'apprentissage. Cela suppose des connaissances didactiques tant chez les concepteurs de logiciels que chez les enseignants utilisateurs.

Une partie de la thèse est consacrée à l'élaboration d'une typologie des formations. Trois types sont distingués

Le premier type est orienté vers la présentation par le formateur de logiciels éducatifs et de situations d'utilisations en classe. Il est marqué par une "personnalisation" forte, c'est-à-dire que le formateur présente sa propre pratique, sans distanciation. Il tend à présenter beaucoup de logiciels et des situations riches où l'utilisation de l'informatique offre des perspectives stimulantes. Il s'agit pour lui de justifier l'usage des TIC par l'intérêt des logiciels et la variété des usages possibles. Les tâches proposées au professeurs en formation sont "homologues" à celles qui pourraient être proposées à des élèves. Après la tâche, une fiche "professeur" est souvent distribuée pour préciser les objectifs et la mise en œuvre de l'activité.

Le second type s'intéresse davantage à l'intégration des logiciels à l'enseignement usuel. Les stratégies de formation sont les mêmes (homologie, fiches professeur), mais les situations sont plus réalistes. Le formateur privilégie l'apport de logiciels, moins nombreux, dans des situations plus usuelles.

Le troisième type s'appuie sur des tâches de "génération de situations". Les formés sont en situation d'enseignant construisant de façon détaillée des séquences. Ce type de formation sensibilise davantage les professeurs en formation au "saut" que constitue l'utilisation de logiciels par rapport aux pratiques usuelles.

Le troisième type de formation est a priori le plus efficace pour une intégration réelle, mais il existe deux difficultés. La première est la nécessité pour le formateur de connaissances didactiques pour s'adapter aux choix des formés sans imposer sa propre expérience. La seconde est que le formateur ne se propose plus comme "exemple", ce qui peut être frustrant pour des formés qui n'auraient pas le recul didactique nécessaire.

## **Observation de professeurs "experts" (Lagrange, 1996)**

---

<sup>4</sup> Plan Informatique pour Tous. Lancé en 1984 par le gouvernement Fabius, il s'agissait d'un plan d'équipement des établissements scolaires accompagné d'actions de formation.

Au cours des années 1994-1996, dans un groupe de recherche dirigé par Michèle Artigue, nous avons mené une étude de l'utilisation du logiciel de calcul formel DERIVE dans les classes de lycée. Nous avons pu observer le travail de 17 professeurs dans leur classe. Ces professeurs étaient des "experts" des nouvelles technologies, souvent engagés dans des travaux de conception de séquences à l'aide de ce logiciel. Nous avons pu comparer certaines "attentes" exprimées par ces professeurs à la perception du logiciel a posteriori par les élèves et les professeurs.

Sur le plan des caractéristiques "externes", les professeurs prévoient que DERIVE allait permettre un enseignement plus convivial, d'individualiser plus facilement l'enseignement et d'aborder des problèmes plus intéressants et plus riches que les problèmes scolaires usuels. Dans leur analyse "interne", ils pensaient que DERIVE allait compenser jusqu'à un certain point les difficultés rencontrées par les élèves, notamment avec le calcul numérique ou l'algèbre élémentaire, favoriser un fonctionnement plus réflexif, stratégique et conceptuel, en libérant l'élève des tâches techniques et par la possibilité d'utilisation conjointe des registres numérique, graphique et algébrique.

Nous avons interrogé les élèves et les professeurs par questionnaire à l'issue de l'expérimentation. Cela nous a permis de voir que les élèves perçoivent DERIVE surtout comme un outil pour effectuer des calculs pénibles et vérifier les résultats obtenus en papier/crayon. Peu d'élèves ont exprimé un point de vue sur le logiciel comme outil de compréhension et d'apprentissage. Ceux qui ont le plus utilisé DERIVE déclarent apprécier les situations proposées mais plutôt pour leur côté "nouveau" que pour une contribution à leur apprentissage. Ainsi les enseignants n'ont pas pu faire partager leur vision de DERIVE. Leurs réponses ont d'ailleurs été elles-aussi en décalage avec les attentes. Les professeurs expriment les difficultés qu'ils rencontrent à mettre en œuvre leurs idées, écrivant par exemple que DERIVE finalement ne supprime pas les difficultés calculatoires autant qu'ils le pensaient et que, même avec l'aide du logiciel, il est difficile de gérer efficacement des activités expérimentales.

Les observations de classe nous ont aidé à analyser ce décalage entre les attentes a priori de professeurs vis-à-vis de la technologie et la mise en œuvre du logiciel. L'analyse montre que les enseignants "experts" situent leurs anticipations à un niveau "conceptuel" qui masque l'impact réel de la technologie sur les situations d'enseignement. Le rôle des techniques d'utilisation du logiciel, leur articulation avec les techniques papier/crayon et leur possible contribution aux apprentissages sont notamment ignorés.

### **Différences entre professeurs dans un même projet**

Plus récemment, Kendall & Stacey (2002) se sont intéressées à deux professeurs australiens, André et Benoît, engagés dans un projet d'intégration de la calculatrice TI-92. Bien que les mêmes activités aient été prévues dans les classes des deux professeurs, des différences frappantes ont été observées dans la mise en œuvre.

Avant l'expérimentation André n'était pas un grand utilisateur des technologies, mais avec la calculatrice symbolique, il a augmenté notablement ses capacités et son assurance. Il a été séduit par les réponses exactes, l'écran large et la structure des menus et l'utilisation d'un écran rétroprojetable qu'il pratique systématiquement. Son approche assez "technique" des mathématiques se manifeste par la production de guides détaillés sur la calculatrice et de "mémos" sur son utilisation pour diverses tâches mathématiques.

Benoît, en revanche, était au début du projet déjà expert dans l'intégration des calculatrices graphiques. Il ne lui paraît pas très important que les élèves sachent se servir efficacement de leur calculatrice symbolique et les auteurs ont constaté que ses élèves sous-utilisent leur machine et font souvent des erreurs. La méthode de Benoît est basée sur des discussions en

classe sans l'aide d'un rétroprojecteur, et, selon les auteurs, elle ne fonctionne que grâce à des capacités exceptionnelles en gestion de classe.

André laisse librement ses élèves utiliser la calculatrice pour les différentes tâches. Le temps gagné est consacré approfondir l'usage de la calculatrice, ce qu'il fait par des références très directes à des enchaînements de touches de la calculatrice : " appuyer sur F4, ensuite sur F6, et ainsi de suite ". Il considère que mettre en œuvre une technique comme la dérivation sur une calculatrice symbolique a même valeur que sa réalisation en papier/crayon.

Benoît utilise quant à lui un vocabulaire mathématique (dériver, résoudre,...) pour présenter les techniques utilisant la calculatrice. Il fait un usage limité des capacités formelles de la calculatrice. Elles servent essentiellement à produire des observables, parmi lesquelles les élèves peuvent repérer des régularités de façon à conjecturer des propriétés algébriques. Il considère que la mise en œuvre de techniques " papier/crayon " associées à ces propriétés est irremplaçable.

Selon les auteurs André a adopté les calculatrices comme un nouvel outil, mais sans changer les tâches proposées aux élèves. Il a ainsi apporté aux élèves des techniques efficaces pour ces tâches, au prix sans doute d'un certain appauvrissement de la réflexion mathématique. Benoît s'est servi de la calculatrice de façon plus restreinte, en insistant moins sur ses caractéristiques techniques et en se méfiant visiblement d'un possible effet négatif sur les conceptualisations.

Les comportements différents de ces professeurs dans un même projet ne s'interprètent pas simplement. Leur rapport aux mathématiques est un des déterminants des adaptations qu'ils opèrent pour intégrer la calculatrice, mais des facteurs liés à leur habitus professionnel et même personnel jouent aussi un rôle important. Selon les auteurs, "ces différences laissent penser qu'il y a une diversité de réponses positives aux problèmes de l'enseignement des mathématiques avec la technologie." On peut aussi trouver des limites aux intégrations réalisées par les deux professeurs, celle d'André parce qu'elle tend à vider les techniques de leur contenu mathématique et celle de Benoît parce qu'elle ne donne pas vraiment leur place aux techniques "calculatrices". Ces limites semblent difficiles à dépasser tant elles sont liées à l'habitus des professeurs.

### **Les difficultés de professeurs "ordinaires"**

Lumb, Monaghan et Mulligan (2000) rapportent les succès, mais aussi les problèmes rencontrés par deux enseignants "ordinaires" lorsqu'ils tentent d'utiliser de façon intensive le logiciel DERIVE dont j'ai présenté plus haut l'approche par des professeurs français "experts". DERIVE est vu, ici aussi, comme ayant de fortes potentialités. Les professeurs en soulignent les contreparties. L'utilisation de DERIVE se situe "en haut de l'échelle des efforts" que doit faire le professeur quand on la compare à celle d'autres logiciels pour l'enseignement des mathématiques. De plus, il faut du temps pour "sentir" l'utilisation pédagogique du logiciel.

Un des professeurs reconnaît que de nombreuses idées qu'il avait au départ pour exploiter DERIVE ne sont pas en fait réalisables. Une analyse serrée de l'activité qu'il déploie dans la classe montre, parmi d'autres changements, une diminution du temps passé à ce que les auteurs nomment le "coaching", activité qui consiste à attirer l'attention des élèves sur les caractéristiques mathématiques de la situation qu'ils rencontrent, sans toutefois leur en donner les clés. Cette diminution est paradoxale, puisque l'introduction du calcul formel devrait précisément permettre de consacrer davantage de temps aux aspects directement mathématiques. Monaghan (2001) a constaté cette diminution sur un échantillon de 13 professeurs et parallèlement une part importante prise par un autre "coaching", portant celui là sur les aspects techniques de l'utilisation du logiciel. Il note que l'idée selon laquelle, en situation d'utilisation de la technologie, le professeur jouerait le rôle de catalyseur pour un apprentissage autonome, ne semble pas fonctionner.

La diminution paradoxale du "coaching" est visiblement liée à la difficulté de "sentir" l'utilisation du logiciel. En effet, reconnaître les caractéristiques mathématiques d'une situation pour les faire partager aux élèves, demande au professeur une certaine anticipation. Sans technologie, la connaissance que le professeur a des situations, l'habitude qu'il a de les référer à des idées mathématiques peut donner l'impression qu'il improvise avec aisance. L'utilisation de la technologie remet en cause cette facilité, en introduisant des situations dont l'exploitation mathématique n'est pas immédiate pour le professeur. Il lui est alors plus facile de jouer le rôle d'assistant technique que d'intervenir sur les mathématiques.

Les professeurs ont consacré beaucoup d'efforts à la préparation de fiches de travail pour les élèves, rompant avec leur pratique habituelle d'utilisation d'un manuel. Ils justifient cela par l'impossibilité d'utiliser des matériaux non prévus pour l'utilisation du logiciel, mais par ailleurs ils n'utilisent pas non plus les nombreux documents fournis par le groupe de recherche auxquels ils participent, documents pourtant conçus directement pour la classe. Comme le disent les auteurs : "Nous pensons que les enseignants qui prévoient d'intégrer un usage significatif du calcul formel sont confrontés à une réévaluation des mathématiques qui leur ont été enseignées et qui leurs sont familières".

### **Recherche INRP sur les nouveaux enseignants**

Dans le cadre de la recherche INRP "nouvelles compétences des enseignants" le GRE TIC (IUFM de Reims) a interrogé par questionnaire des professeurs stagiaires de toutes disciplines, du premier et du second degré d'une part sur leurs compétences TIC et d'autre part sur leur utilisation pour les apprentissages de leurs élèves.

Comme le note le rapport, "les enseignants qui ont répondu à cette enquête témoignent d'une évolution de la professionnalité qui n'est cependant pas sans ambiguïtés".

Les professeurs stagiaires manifestent en effet des compétences encore peu répandues dans l'ensemble de la population. Le traitement de texte est ainsi passé dans les usages pour toutes les catégories de stagiaires, et le courrier électronique est en passe de suivre la même voie. L'utilisation de l'ordinateur est banalisée sur le "lieu de travail", (IUFM ou stage), alors qu'antérieurement elle était liée à la possession d'un ordinateur. Cela marque une évolution sensible par rapport à des enquêtes antérieures.

Alors que les enseignants en poste sont réticents à l'usage de technologies susceptibles de remettre en cause les équilibres dans la gestion de la classe, les professeurs stagiaires se disent prêts aux usages en classe dès leur première année. Les TIC apparaissent cependant assez marginaux par rapport au "cœur de la profession". Les motivations des professeurs stagiaires sont en effet en rapport avec une meilleure préparation des élèves à leur vie en société ou avec des préoccupations pédagogiques (gestion de l'hétérogénéité) plutôt qu'avec une contribution aux apprentissages. En particulier, les logiciels propres à la discipline (notamment ceux qui bénéficient du label ministériel "Reconnu d'Intérêt Pédagogique"<sup>5</sup>) sont le plus souvent ignorés.

Le rapport conclut: "(avec les compétences des nouveaux enseignants) il semble bien qu'une étape importante est en train d'être franchie. On doit cependant constater qu'il reste encore un chemin important à parcourir pour que les futurs enseignants considèrent l'informatique comme un réel outil au service des apprentissages."

---

<sup>5</sup> Le ministère a déposé la marque RIP (reconnu d'intérêt pédagogique) pour les produits multimédias destinés à l'enseignement. Communiqué de presse du 10 septembre 1999.  
<http://www.education.gouv.fr/discours/1999/rip.htm>

## Conclusion

Cette sélection de recherches sur l'enseignant confirme l'idée d'une intégration plus difficile que ce que des recherches centrées sur les aspects épistémologiques ou cognitifs pourraient laisser penser. Professeurs "experts" et "ordinaires" sont confrontés à des réalités assez différentes de ce qu'ils avaient prévu. Les jeunes enseignants semblent mieux préparés que l'ensemble des professeurs, avec des compétences "rares" dans l'utilisation de la technologie et une formation à l'IUFM. Ils n'ont pas d'a priori négatif relativement aux technologies. Il semble cependant que cette vision positive vienne principalement d'une analyse "externe" des caractéristiques de la technologie (attrait, motivation,...) Connaître les logiciels propres à la discipline serait un premier pas vers une analyse "interne" de l'influence des technologies sur les apprentissages. Ce premier pas semble rarement franchi.

Abboud (1994) met justement l'accent sur la dimension didactique de l'analyse "interne", et ses conséquences sur les connaissances nécessaires à l'enseignant et sur les stratégies de formation. Le recul que nous avons aujourd'hui permet, me semble-t-il, d'apercevoir les limites des connaissances didactiques disponibles pour une transmission aux enseignants et formateurs. Les observations "cliniques" de professeurs intégrant ou tentant d'intégrer une technologie dans leur classe montrent en effet le chemin qu'il reste à parcourir. La diversité des modes d'utilisation et la variété des difficultés rencontrées donnent une image intéressante de la complexité des phénomènes d'enseignement et d'apprentissage. Loin des schémas simplistes de transmission "pyramidale" des usages des logiciels, cette image montre qu'une bonne intégration ne peut se réaliser ni "du premier coup" ni de façon uniforme. Cela rejoint l'idée d'"enseignant en transition" avancée aux Etats Unis (Zbiek, 2001): l'intégration de la technologie ne peut se faire que par un processus de transformation de l'habitus, des modes de gestion de la classe et des rapports aux mathématiques de l'enseignant.

En introduction, j'ai rappelé les dimensions nouvelles d'analyse, instrumentale et institutionnelle, qui permettent de mieux rendre compte de la complexité de l'intégration. Référencer précisément l'analyse du professeur à ces deux dimensions est un travail qui reste à faire. Mon hypothèse est que les techniques instrumentées sont des éléments clés de l'action du professeur en situation d'intégration. Comme techniques potentiellement porteuses de significations mathématiques elles s'inscrivent dans la dimension institutionnelle. La question de leur "acceptabilité" est posée dans les institutions de tout niveau (la classe, l'établissement, les lycées...) tant du point de vue du temps qui peut être consacré à leur élaboration par les élèves que des rapports qu'elles peuvent avoir avec les techniques papier/crayon. Dans "l'institution classe" le professeur est le garant des "mathématiques officielles", celui (celle) qui fait le tri parmi les techniques "instrumentées" et "papier/crayon", de façon à les insérer dans le savoir communément admis dans l'institution "niveau d'enseignement". Les techniques instrumentées sont aussi la partie visible des genèses instrumentales, c'est au cours de leur élaboration et de leur fonctionnement que le professeur va pouvoir orienter la construction de connaissances par l'élève sur la machine et sur les mathématiques. C'est un rôle nouveau auquel l'enseignant(e) n'est pas préparé.

Pour terminer sur note optimiste, je voudrais souligner que, si les diverses recherches menées depuis une dizaine d'année montrent clairement les limites d'approches "naïves" de l'intégration, l'utilisation en classe des TICE reste pleine d'intérêt. Les contraintes matérielles sont aujourd'hui moins prégnantes, les outils sont plus faciles d'utilisation, élèves et professeurs ont un rapport différent à la technologie. Ce qui manque vraiment, c'est une compréhension en profondeur des phénomènes d'intégration. La sélection de recherches étudiée dans cet article montre que l'enseignant est une bonne "entrée" pour avancer dans cette compréhension.

## Références

- Abboud Blanchard, M., 1994, *L'intégration de l'outil informatique à l'enseignement secondaire : symptômes d'un malaise*. Thèse de doctorat de l'Université Paris VII.
- Artigue, M., 2000, (sous la direction de) : De l'analyse de travaux concernant les TIC à la définition d'une problématique de leur intégration à l'enseignement. Rapport faisant suite à l'appel à recherche CNCRE. Disponible sur Tématicce <http://archivetematicce.ccsd.cnrs.fr/>.
- Baron G.-L. Bruillard E., (1996), *L'informatique et ses usagers dans l'éducation*, Paris, Editions PUF.
- Chevallard Y. (1992), Intégration et viabilité des objets informatiques dans l'enseignement des mathématiques. In Cornu B. (ed), *L'ordinateur pour enseigner les Mathématiques*, Nouvelle Encyclopédie Diderot, Presses Universitaires de France, Paris, pp. 183-203.
- GRETIC (IUFM de Reims), (2001). Enseignants en formation initiale : Quelle formation pour quelles compétences ?, in INRP, 2001 "Nouvelles compétences des enseignants" <http://www.inrp.fr/Tecne/Savoirplus/Rech40003/Sympcomp01.htm>.
- Kendall, Stacey, 2002, L'influence des environnements de calcul formel sur les modes de travail des enseignants. in Guin et Trouche (eds.) *Calculatrice symboliques*, La pensée sauvage, Grenoble.
- Lagrange, J.B., 1996, Analysing actual use of a computer algebra system in the teaching and learning of mathematics. *International DERIVE Journal*, 1996, Vol.3 N° 3. R.I.L.
- Lagrange, J.B., Artigue M., Laborde C., Trouche L., 2003, Technology and Math education: a multidimensional overview of recent research and innovation. In Bishop, Clements, Keitel, Kilpatrick, Leung (eds.) *Second International Handbook of Mathematics Education*, (Kluwer)
- Lagrange J.B., Grugeon B., 2003, Vers une prise en compte de la complexité de l'usage des TIC dans l'enseignement, *Revue Française de Pédagogie*, n°143.
- Lagrange J.B., Lenfant A., Vincent, J., à paraître, Appropriation des outils TIC par les stagiaires IUFM et effets sur les pratiques professionnelles Colloque des IUFM du pôle NE. Reims, octobre 2003.
- Lumb, S., Monaghan, J., & Mulligan, S. (2000). Issues arising when teachers make extensive use of computer algebra. *The International Journal of Computer Algebra in Mathematics Education*, 7(4), 223-240.
- Monaghan, J., 2001 Teachers' classroom interactions in Ict-based mathematics lessons In M. van den Heuvel (Ed.), *Proceedings of the 25<sup>th</sup> International Conference for the Psychology of Mathematics Education*, Vol. I (pp. 383 -390). Utrecht, The Netherlands: OW&OC.
- Trouche L. (1994), Calculatrices graphiques: la grande illusion. *Repères IREM*, Topiques Editions, n°14, pp. 39-55.
- Zbiek, R. M., 2001 Influences on Mathematics Teachers' Transitional Journeys in Teaching with CAS. THEME 2 / REACTION, *CAME Meeting, Utrecht*, août 2001, <http://itsn.mathstore.ac.uk/came/events/freudenthal/2-Reaction-Zbiek.pdf>.