L'enseignement des mathématiques face aux défis de l'école et des communautés

Actes du colloque emf 2006

Quelques questions que pose l'introduction du tableur en classe de mathématiques

Mariam Haspekian, *DIDIREM, Université Paris 7, France*

Résumé

La réalité des pratiques montre une très faible utilisation du tableur en classe de mathématiques qui contraste avec les potentialités didactiques du tableur évoquées dans les recherches. Ce texte rend compte d'une expérimentation de recherche visant à intégrer cet outil en classe. Les éléments dégagés permettent alors de mieux cerner les difficultés d'intégration du tableur en mathématiques.

1. Introduction

Le tableur est, en France, officiellement entré dans les programmes de collège d'abord, puis s'est étendu au lycée. Malgré une présence de plus en plus forte dans le curriculum, son utilisation reste toujours très faible, voire marginale, par les enseignants de mathématiques. Pourtant, les ressources, présentant des activités mathématiques avec tableur, se sont considérablement multipliées (manuels, publications, sites Internet). Ces constats initiaux suscitent des interrogations tant théoriques que pratiques : comment se situe le tableur par rapport aux questions générales d'intégration des TIC ? Pose-t-il des problèmes spécifiques ? Quelles sont les caractéristiques des multiples ressources produites ?

En quête de réponses, notre recherche, effectuée dans le cadre d'une thèse en didactique des mathématiques ([6]), s'est développée, à partir de ces interrogations, dans trois directions :

- Un état des lieux des recherches didactiques sur le tableur.
- Une analyse du tableur à travers les questions d'instrumentation.
- Une étude des problèmes d'intégration à travers l'analyse de ressources et la réalité des pratiques (expérimentation en classe de 5e, et enquête auprès d'enseignants).

C'est sur l'expérimentation que nous avons choisi de centrer ce texte. Enseigner les mathématiques avec un tableur suppose de se situer à la croisée de plusieurs chemins, notamment celui de savoir organiser, pour les élèves, l'apprentissage des fonctionnalités techniques d'un système informatique, la mise en œuvre de connaissances mathématiques inhérentes à l'outil et, enfin, l'apprentissage des connaissances mathématiques visées. La difficulté est grande d'autant que les connaissances propres au tableur ne sont pas d'emblée des connaissances scolaires, clairement identifiables comme telles[1]. Le tableur est un artefact issu du monde professionnel que l'on a importé dans le système éducatif. Ce caractère professionnel induit alors, pour l'enseignant, un travail difficile, supplémentaire et, le plus souvent, nouveau, pour réussir à en faire un outil éducatif.

1 Contrairement aux connaissances que pourrait faire vivre un logiciel conçu dans une visée éducative.

Le premier paragraphe s'intéresse à ces rapports entre tableur et connaissances mathématiques dans une perspective instrumentale. Le second paragraphe illustre, en rapportant quelques résultats issus de l'expérimentation menée, la difficulté effective des enseignants à gérer ces rapports lors de la mise en place de progressions.

2. Rapports mathématiques et tableur

Les diverses recherches menées sur le tableur concernent quasiment tous la problématique de la transition arithmétique-algèbre au collège ([2], [3], [10]) et font jouer au tableur un rôle positif dans cette transition. Face aux difficultés reconnues de l'apprentissage de l'algèbre ([11], [13]), le tableur est présenté comme occupant une position idéale pouvant aider les élèves à transiter d'une pensée arithmétique à une pensée algébrique ([10]). Mais il est souligné que les activités proposées aux élèves nécessitent pour cela d'être soigneusement pensées. A quels critères doivent-elles répondre ? Comment bénéficier des fonctionnalités du tableur pour permettre à l'élève de construire des connaissances algébriques ?

Ces interrogations ne sont pas propres aux logiciels « tableur ». L'étude des calculatrices symboliques ([1], [4], [8], [12]), autre technologie professionnelle importée, elle aussi, dans le monde éducatif, a conduit au développement d'une approche instrumentale de ces questions d'intégration (cf. [4] pour une vision synthétique). Ce cadre théorique s'est bien adapté au cas du tableur. Il a permis d'analyser les caractéristiques de la transposition informatique sous jacente au tableur, et de montrer que le tableur fait vivre différemment les objets (variable, formule, « signe de l'égalité », techniques de résolution) emblématiques de l'algèbre (c'est ce que montrait notre précédente communication au colloque EMF 2003, [7]). Comment ces nouveaux objets vont-ils interférer avec ceux déjà problématiques en papier crayon ?

L'analyse instrumentale nous incite à explorer les pratiques effectives en nous interrogeant sur la façon dont peuvent s'organiser les genèses instrumentales associées et s'articuler la mise en place des objets usuels de l'algèbre et des objets tableurs. Quelles progressions élaborer pour que les élèves construisent, au final, les connaissances mathématiques visées (et qui le sont en référence à l'environnement papier crayon) ?

Dans quelles séquences, à travers quelles situations, inscrire le tableur ?

De façon générale, nous ne trouvons pas, dans les travaux sur le tableur, de réponses aux questions que soulève l'approche instrumentale. Nous avons élaboré néanmoins, à partir de ces travaux, une gradation théorique (tableau I, ci-après) qui met en parallèle un développement conjoint de concepts algébriques (formule, variable, transformation d'expressions, équivalence) et de connaissances tableur (formules, enchaînement de formules, recopie, réactualisation).

Tableau I

<table>
<tr><td>Connaissances algébriques</td><td>Fonctionnalités du tableur</td></tr>
<tr><td colspan="2">1. Rencontrer des Formules</td></tr>
<tr><td>Entrée dans le symbolisme, introduction de lettres
· Découvrir l’existence de relations entre nombres
· Identifier ces relations comme étant une sorte de formule
· Interpréter ces relations
· Découvrir un nouveau type de symbolisme
· Voir la méthode Essai/Erreur et la faire fonctionner sur un exercice très simple</td><td>· Jouer sur les relations dynamiques entre cellules
· Objets tableur : « variable – cellule », « formule – cellules »</td></tr>
<tr><td colspan="2">2. Travailler sur les formules et les variables</td></tr>
<tr><td>Transition du numérique, ou verbal, vers le symbolique
Transition du spécifique vers le général
· Approcher les généralités à travers des calculs numériques issus d’une même formule
· Trouver et écrire une formule qui…
· Utiliser des transformations algébriques pour expliquer l’égalité entre deux ensembles de résultats obtenus par deux formules différentes</td><td>· Jouer sur les relations entre 2 colonnes
· Utiliser la fonctionnalité de recopie
· Objets tableur : « formule – colonne » et « variable – colonne »</td></tr>
<tr><td>Manipulation de formules, approche de la notion de variable à travers les substitutions
· substitutions numériques dans des expressions
· la variable d’une expression est substituée par une autre expression
· Opérer sur la variable pour trouver une expression équivalente ou pour « défaire » une formule donnée</td><td>· Jouer sur les relations consécutives entre plusieurs cellules
· Objets tableur : « variable – cellule »
· Jouer sur l’ambiguïté des références : contenant d’une formule mais aussi variable d’une autre formule</td></tr>
<tr><td colspan="2">3. Approcher la résolution algébrique de problèmes</td></tr>
<tr><td>Transition d’un travail avec le « connu » vers un travail avec « l’inconnu »
Transition de l’application de méthodes intuitives et arithmétiques vers celle de méthodes systématiques et algébriques
· Trouver les expressions intermédiaires correspondant aux équations intermédiaires écrites lors de la résolution algébrique de problèmes plus complexes
· Trouver numériquement (et approximativement) les valeurs des inconnues par la méthode de l’essai/erreur</td><td>· Organiser une feuille de calculs
· Utiliser la stratégie Essai/Erreur en environnement tableur</td></tr>
</table>

Cette gradation a servi dans la mise en place d’une expérimentation visant à explorer l’intégration du tableur dans une séquence d’enseignement pour l’apprentissage de l’algèbre.

3. Une exploration en classe de 5e

Nous présentons ici quelques résultats de cette expérimentation.

a. Méthodologie

L'expérimentation s'est déroulée au dernier trimestre de l'année 2002-2003, avec deux enseignantes, nommées dans la suite A et B[2], dans deux classes de 5e de profils très différents n'ayant pas auparavant spécifiquement travaillé en algèbre. Il y a eu cinq séances, notées T1 à T5, construites par A et B sur la base de la gradation précédente (le lecteur pourra les trouver sur le site de l'IREM de Paris 7 : http://www.ccr.jussieu.fr/iremParis7/activit.html). La séquence s'est, sur cette base, élaborée, séance après séance, suivant ce que A et B percevaient de l'avancée des connaissances chez leurs élèves.

À partir des données recueillies (observations, fiches élève, fiches « devoir à la maison », fichiers tableur des deux classes, et interview de A), nous avons réalisé :

- des analyses, séance après séance, des stratégies/difficultés et des déroulements observés par rapport aux objectifs a priori, ce qui renseigne sur l'utilisation du tableur par les élèves ;
- l'analyse du discours réflexif de l'enseignant sur cette expérience, ce qui nous renseigne sur la complexité de gérer les genèses instrumentales.

Nous présentons, dans ce paragraphe, quelques-uns de ces résultats à partir de l'exemple de la séance 1.

b. L'étonnante séance 1

La première séance, composée de trois parties, visait à faire acquérir certaines connaissances de bases du tableur (vocabulaire spécifique, localisation sur la feuille) ainsi qu'à découvrir les formules et la poignée de recopie. La comparaison des deux classes est pour cette première séance très intéressante dans la mesure où les séances de chacune des classes présentaient des points communs évidents (mêmes objectifs, même organisation en binômes homogènes, même contenu, et pratiques des professeurs similaires, etc.), mais également quelques différences notables, dont voici les trois principales.

- Profils des classes

Les profils des classes sont très différents, pour ne pas dire « opposés ». L'une est d'un assez bon milieu social avec des élèves dans l'ensemble attentifs, régulièrement suivis par leurs parents, et globalement d'un bon niveau en mathématiques ; l'autre se trouve être un regroupement d'élèves dont une bonne part n'avaient plus de place ailleurs ou qui s'étaient fait exclure et qui ont été réunis dans une classe afin de pouvoir créer l'unique cinquième d'un collège qui venait d'ouvrir ses portes. Des incidents plus ou moins graves liés aux comportements des élèves en ponctuaient régulièrement le quotidien. Les 3/4 des élèves sont à profil « ZEP » et des nouveaux arrivent en

2 B étant l'auteur.

cours d'année, toujours pour raison d'exclusion définitive d'autres collèges. Dans cette classe, malheureusement, seule une dizaine d'élèves ont un réel niveau de 5e.

· Expériences avec le tableur

En outre, la différence est accentuée concernant le tableur : tandis que dans la classe A les élèves ont déjà reçu une initiation tableur par le professeur de technologie au premier trimestre, ceux de B n'ont jamais eu d'initiation ni au tableur, ni même à l'informatique pour certains (par exemple, un des élèves n'a jamais vu de « souris »)[3].

· Orchestrations de la séance 1

Enfin, les orchestrations des deux classes ont été différentes pendant cette séance de prise en main : si les objectifs et fiches de travail données aux élèves étaient les mêmes, A disposait, dans sa salle informatique, d'un vidéoprojecteur et d'un ordinateur à son bureau. Ces dispositifs spécifiques lui permettaient d'introduire rapidement vocabulaire et fonctionnalités en projetant au tableau l'écran du tableur et en montrant une manipulation de celui-ci (édition et correction d'une formule, recopie d'une formule), manipulation qui servirait d'exemple aux élèves. Dans le cas de B, la salle informatique ne disposait ni de matériel de vidéo projection, ni d'ordinateur au bureau, seulement un tableau[4]. Ainsi, les configurations didactiques étaient différentes et, par là, les modes d'exploitation également. L'enseignante A comptait organiser son orchestration en 2 phases :

1. Explications par le professeur, à l'aide du vidéo projecteur, du fonctionnement de base du tableur et rappel du vocabulaire en interagissant avec la classe [l'enseignant prend là en charge toute la partie introductive de la fiche-élèves (avant l'étape 1)].
2. Travail des élèves sur le tableur par groupes de 2 à partir de l'étape 1.

L'enseignante B avait prévu une orchestration en 3 phases :

1. Lecture par les élèves de la phase introductive de la fiche, avec consigne pour chaque binôme d'observer l'écran de l'ordinateur qu'ils ont en face d'eux pour répondre à des questions de l'enseignante.
2. Explications données par l'enseignante au tableau : question-réponses orales collectives correspondant au vocabulaire en jeu dans l'étape 1 de la fiche-élèves, introduction sur le contenu d'une cellule : texte, opération ou formule en leur faisant essayer à chaque fois.
3. Puis travail des élèves sur le tableur par groupes de 2 à partir de l'étape 1 de la fiche.

· Les prévisions de l'enseignante A

On peut donc prévoir des déroulements distincts, ne serait-ce que dans le temps, de par les nombreuses interventions de gestion de classe qu'on peut imaginer a priori dans la classe B. Pour toutes ces raisons, l'enseignante A a pensé que la séance T1 serait bien plus rapidement réalisée par sa

3 Précisons que l'établissement venait d'ouvrir ses portes et recevait le matériel scolaire au fil de l'année.

4 Tableau standard, sans même le quadrillage qui aurait pu accélérer la représentation d'une feuille de calcul ou de cellules du tableur.

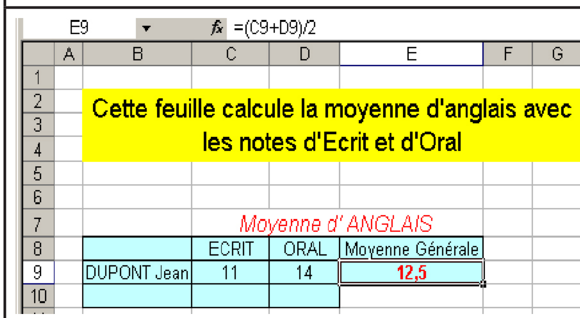
classe, d'autant plus que son orchestration comportait moins de phases. Elle a également demandé l'avis du professeur de technologie qui a répondu que les élèves la trouveraient effectivement très facile (la fiche reprend les éléments déjà vus au premier trimestre) et finiraient sans doute en une demi-heure maximum. La classe B avait passé une heure complète pour cette séance. L'enseignante A a alors décidé d'inclure la fiche T2 dans cette même première séance. Voyons ce qu'il en a été dans les déroulements effectifs.

· Les résultats

Les résultats ont été très surprenants parce qu'ils ont montré de grandes similarités entre les deux classes en ce qui concerne les réponses des élèves (types d'erreurs, de réponses orales et écrites), leurs difficultés (avec les cellules, les formules, la fonctionnalité de recopie) et, plus que tout, le temps ! En effet, la classe A a pris toute l'heure pour réaliser T1, soit autant que B ! Comment expliquer cette similitude ? Est-ce lié au caractère « première rencontre » de cette séance ? En effet, ce constat deviendra de moins en moins valable au fil des quatre autres séances. Bien entendu, on observe aussi des différences : une partie des élèves de la classe B n'avait pas fait la dernière question, ce qui a été plutôt rare dans la classe A ; néanmoins la séance T2 n'a absolument pas été abordée en classe A contrairement à ce que pensait l'enseignante A qui dit, dans l'entretien : « je suis très déçue en voyant les résultats des élèves surtout après ce que m'avait dit le professeur de technologie : qu'ils avaient déjà vu, que ça se ferait en une demi-heure etc. Pendant ma présentation ils avaient l'air de comprendre. En fait, il y a encore des choses qui ne sont pas acquises, ils ont oublié, ou bien je ne sais pas »

Détaillons quelque peu ces résultats en ce qui concerne, comme nous l'avons dit, d'une part, les formules et, d'autre part, l'usage de la poignée de recopie.

Extraits de la fiche-élève T1

A Des essais…	
	Des essais… Si Jean avait 17 à l'oral, 1. Combien serait sa moyenne (mettre 17 en D9) ? 2. Quelle devrait être sa note d'écrit pour avoir 15 de Moyenne Générale (faire des essais en modifiant le contenu de C9) ? ? 3. Quelle est sa meilleure Moyenne possible ?

B Des prédictions…

1. A votre avis quelle est la formule qui se cache derrière la cellule qui calcule la Moyenne Générale ?

Faire une prédiction :

La formule en E9 =

2. Observer maintenant cette formule (cliquer dessus une fois et regarder la barre de formule).

Quelles sont les cellules utilisées dans cette formule ?

C Calculer sa moyenne…

Sous les notes d'écrit et d'oral de Jean écris tes propres notes d'anglais et calcule ta moyenne en recopiant vers le bas la formule de E9 avec la

Poignée de recopie : cliquer sur la cellule à recopier (E9), saisir la petite croix noire avec le clic gauche et tirer vers E10 (garder le clic enfoncé).

Quelle formule est contenue dans E10 ?

Les résultats (tableau II) montrent des similarités inattendues entre les deux classes.

Tableau II

	Classe A (24 élèves)		Ma classe (28 élèves)	
Réponse :	Correcte	Incorrecte	Correcte	Incorrecte
A Des essais	15	9	17	11
Taux de réussite question 1	62,5 %		61 %	
B Des prédictions…	13	11	7	21
Taux de réussite question 2	54 %		25 %	
C Calculer sa moyenne	8	16	9	19
Taux de réussite (Utilisation réussie de la poignée de recopie)	33,5 %		32 %	

Nous observons quasiment le même taux de réussite dans la manipulation du tableur (essai/erreur) et, ce qui est plus surprenant, dans l'usage de la poignée de recopie : dans les deux classes, environ un tiers seulement des élèves a réussi à utiliser cette fonctionnalité.

Pour comprendre ces phénomènes, il serait certainement nécessaire de mieux connaître et analyser les types de genèses instrumentales qui ont eu lieu en cours de technologie. Etait-ce vraiment les mêmes enjeux que dans T1 comme l'affirmait le professeur de technologie ? Et mêmes si ces genèses correspondent, quelle instrumentation reste-t-il après, environ, deux trimestres ? Quoi qu'aient pu réaliser les élèves pendant ces cours de technologie, était-ce suffisant pour assurer une genèse instrumentale capable de résister à une si longue coupure ? Les travaux de recherche menés avec l'approche instrumentale témoignent que les genèses instrumentales sont des processus complexes qui se construisent sur le long terme. Nous pouvons supposer ici que l'absence de pratique des élèves pendant près de deux trimestres s'est fortement répercutée sur les performances des élèves dans l'usage du tableur. Nous avons trouvé des bilans similaires dans un rapports d'expérimentation publié sur Internet[5] dans lequel les auteurs soulignent que « la fréquentation de l'objet doit être régulière, quasi quotidienne ; à la limite si l'objet ne devient pas la propriété de l'utilisateur, le transfert a peu de chances de se faire. On a constaté cela avec les calculatrices : les élèves performants sont ceux qui possèdent leur outil, et peuvent en faire usage au-delà des heures de cours ».

c. *Nos conclusions versant élèves*

Versant « élèves », il s'agissait d'étudier l'utilisation du tableur pour une première approche de l'algèbre, en posant la question des rapports entre objets algébriques des environnements papier crayon et tableur. Dans l'ensemble, les élèves ont globalement bien tiré parti de cette ingénierie. Le long des genèses instrumentales, nous avons vu se co-construire connaissances algébriques et connaissances relatives à l'outil. Les élèves ont été amenés à écrire des formules, à les interpréter, notamment en associant formules tableur, écritures mathématiques et langage naturel, et enfin à les transformer. Dans la classe A, à l'issue de la cinquième séance, une petite moitié des élèves semblait être prête à entrer dans l'algèbre et un quart dans un état intermédiaire, réussissant à trouver les formules demandées mais ne raisonnant pas encore à un niveau de généralité conduisant à recourir spontanément à leur usage. Dans la classe B, les genèses instrumentales se sont elles aussi enrichies, les élèves devenant progressivement capables d'associer un nom à une cellule, éditer une formule, la recopier, faire varier le contenu d'une cellule pour atteindre une valeur cible, et ce même si les taux de réussite des deux classes se sont écartés progressivement[6]. Le travail sur tableur n'est pas resté uniquement du côté arithmétique, cependant, l'expérimentation montre que la variable-cellule ([5], [7]), avec les représentations supplémentaires qu'elle embarque, ne permet pas spontanément de basculer vers l'algèbre, une attention particulière doit être portée aux statuts des objets et aux tâches demandées.

Les difficultés communes aux deux classes, malgré leur profil différent, ont porté, entre autres, sur :

- La compréhension des formules (certains élèves sont restés au niveau arithmétique) ;
- L'utilisation de la poignée de recopie. En particulier, les élèves ont eu du mal, surtout au début, à comprendre l'intérêt de la recopie. Par la suite, même en l'ayant compris, ils ont eu du mal à se l'approprier et son usage n'a pas été systématique. La fonctionnalité de recopie n'apparaît pas pour eux d'emblée comme une économie.

Ces difficultés ne sont pas sans rapport avec celles posées par l'entrée dans l'algèbre et interrogent la phase inévitable de l'initiation tableur en mathématiques[7]. Introduire à la fois un nouvel

5 http://www.univ-reims.fr/URCA/IREM/tableur/conclusions.htm

6 ce qui reflète aussi certainement les différences entre les niveaux initiaux de connaissances mathématiques des deux classes

7 « Inévitable » car ce ne sont pas les mêmes contenus qui sont visés en mathématiques et en technologie et le transfert des connaissances d'une discipline à l'autre n'est pas évident, comme la séance 1 le montre.

environnement et de nouveaux savoirs mathématiques semble avoir accru les difficultés[8]. Ainsi, si le tableur semble, théoriquement, bien adapté pour l'apprentissage de l'algèbre, mener leur introduction « de front » semble problématique, contrairement à ce que pouvaient laisser penser les recherches, et ne fait pas « miraculeusement » gagner du temps. Ceci rejoint les recherches menées sur DERIVE dans lesquelles Lagrange ([8]) relève cette nécessaire connaissance minimale que l'élève doit avoir pour faire la part entre les résultats générés par le fonctionnement algorithmique de la machine et ceux qui ont une signification mathématique.

d. Accompagner les genèses instrumentales : une tâche difficile pour l'enseignant

Versant « professeurs », les enseignantes A et B ont ressenti une forte impression de difficulté dans cette expérience qui va au-delà des simples difficultés matérielles auxquelles on peut s'attendre.

L'une de ces difficultés est liée aux perturbations qu'introduit l'outil dans les systèmes de valeurs en algèbre. De « nouvelles » mathématiques apparaissent, véhiculant des valeurs de l'algèbre qui sortent de la culture algébrique papier traditionnelle. L'environnement tableur est, sur ce plan-là, trop « distant » de l'environnement papier ([6]). Par exemple, un problème du vocabulaire surgit dès lors que l'on veut introduire des connaissances tableur de façon plus institutionnelle[9]. Les difficultés rencontrées dans l'expérimentation à trouver des formulations satisfaisantes pointent la nécessité, pour parler et décrire les objets et fonctionnalités rencontrés, d'un langage codifié, adapté et cohérent avec les mathématiques en cours (officielles et culturelles)[10]. De façon plus générale, l'organisation didactique algébrique habituelle de l'enseignement traditionnel est modifiée : on transite d'une algèbre d'inconnues et d'équations, à une algèbre de variables et de formules ; d'une algèbre vue comme outil de résolution de problèmes (et un peu outil de preuve), à une algèbre vue comme outil de généralisation, de la mise en œuvre de démarches « algorithmisées », menant à des solutions exactes, à la mise en œuvre de démarches arithmétiques d'essai-erreur, menant à des solutions approximatives, etc.

Nous pouvons postuler que la difficulté de construire un enseignement qui conjugue ces savoirs aux savoirs traditionnels entre également dans les raisons de la faible intégration du tableur en mathématiques. La séance 1 montre le manque de repères didactiques et instrumentaux constatés le long de l'expérimentation chez A et B, qui laisse à penser que les difficultés des enseignants viennent aussi du fait qu'intégrer le tableur nécessite la mise en place de nouvelles orchestrations didactiques que l'enseignant n'a jamais vu fonctionner, qui sont, de ce fait, à inventer totalement. Au-delà du « savoir-gérer » les orchestrations, il y a le « savoir-concevoir » de telles orchestrations.

8 La difficulté était accentuée dans le cas de la classe B pour laquelle il s'agissait aussi d'introduire le travail en environnement informatique (la classe A utilisait aussi Géoplan cette année et certaines règles du travail en salle informatique avait été mises en place avec ce logiciel).

9 Qu'est-ce qu'une cellule : une variable ? Qu'est-ce qu'une colonne (ou une ligne) : plusieurs variables ou une autre représentation de la même variable ? Qu'est-ce qu'une adresse relative ? Y a-t-il un équivalent algébrique ?

10 On peut penser que ce problème se révèle moins avec les logiciels de géométrie dynamique ou calculatrices graphiques dont le lexique est plus proche du vocabulaire usuel.

4. Conclusion

L'expérimentation montre la tâche difficile d'élaboration d'une progression mathématique intégrant le tableur, cette tâche nécessite, de la part de l'enseignant, un travail et une réflexion à ne pas minimiser, ce qui rejoint là encore les travaux sur les calculatrices symboliques (voir [8]). Ceci vient s'ajouter aux autres éléments de réponses auxquels nous sommes parvenus dans la thèse, comme : les conceptions des enseignants sur les mathématiques, sur le tableur ; leurs rapports à l'informatique ; les ressources professionnelles inadaptées ou difficilement exploitables,… C'est sans doute la conjonction de ces diverses sources de problèmes qui peut expliquer les difficultés d'intégration du tableur dans l'enseignement des mathématiques.

Nous pouvons alors poser l'hypothèse qu'un enseignant, non expert de l'outil, est peu sensible aux potentialités évoquées, voit d'abord les différences par rapport à ses systèmes de valeurs, ses représentations des mathématiques et de leur apprentissage, pressent une complexité ajoutée, enfin, se trouve mal armé pour gérer, construire, un chemin raisonnable qui conjugue l'instrumentation et les apprentissages mathématiques qui lui sont confiés.

Références

[1] Artigue, M. (2001), Learning mathematics in a CAS environment : the genesis of a reflection about instrumentation and the dialectics between technical and conceptual work, International *Journal of Computers for Mathematical Learning*, *7*(3) : 245-274.

[2] Arzarello, F., Bazzini, L., Chiappini, G. (2001) A model for analysing algebraic processes of thinking. *Perspectives on school algebra*, vol. 22. Kluwer Ac. Publisher.

[3] Capponi, B. (1999) Le tableur pour le collège *Petit x* n° 52 Grenoble, p. 5-42.

[4] Guin, D. et Trouche, L. Dir. (2002) *Calculatrices symboliques*. La Pensée Sauvage.

[5] Haspekian, M. (2005) An « instrumental approach » to study the integration of a computer tool into mathematics teaching : the case of spreadsheets. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 10(2) : 109-141.

[6] Haspekian, M. (2005). *L'intégration d'outils informatiques dans l'enseignement des mathématiques, étude du cas des tableurs*. Thèse de doctorat, Université Paris 7.

[7] Haspekian, M (2004). Une approche théorique pour comprendre les difficultés d'intégration du tableur. Investissement en stage de formation. Actes du Colloque International Espace *Mathématique Francophone*, 19-23 décembre 2003, Tozeur, TUNISIE.

[8] Lagrange, J.B. (2000) L'intégration d'instruments informatiques dans l'enseignement : Une approche par les techniques. *Educational Studies in Mathematics*, *43*(1) : 1-30.

[9] Rabardel, P. (1999) *Éléments pour une approche instrumentale en didactique des mathématiques*. Université d'été, IUFM Caen, p. 203-213.

[10] Rojano, T et Sutherland, R. (2001) *Algebraic reasoning with spreadsheets*. International Seminar, Cambridge.

[11] Sfard, A. (1991) On the dual nature of mathematical conceptions : reflections on processes and objects as different sides of the same coin. *Educational Studies in Mathematics*, *22*, p. 1-36.

[12] Trouche, L. (1997). *À propos de l'apprentissage des limites de fonctions dans un « environnement calculatrice », étude des rapports entre processus de conceptualisation et processus d'instrumentation*. Thèse de Doctorat, Université Montpellier II, IREM de Montpellier.

[13] Vergnaud, G. (1989/90) Psychologie du développement cognitif et didactique des mathématiques. Un exemple : les structures additives, *Petit x* n° 22, IREM de Grenoble, p. 51-69.

Pour joindre l'autrice

Mariam Haspekian
DIDIREM, Université Paris 7
Adresse postale : 12, boul. Picpus, 75012 Paris, France
Courriel : haspekian@math.jussieu.fr