

Une approche théorique pour comprendre les difficultés d'intégration du tableur.

Investissement en stage de formation.

Mariam HASPEKIAN, Michèle Artigue

Equipe DIDIREM, Université Paris7

mhaspekian@wanadoo.fr, artigue@math.jussieu.fr

Abstract: In this research work, we have a didactical look on the integration of a computer tool into mathematics teaching: the spreadsheet. The research about spreadsheet are related to an instrumental approach perceived as essential to analyze the questions of technological integration. We mainly describe here this analysis, as well as its important didactical consequences: extend to this technology the theoretical framework of instrumentation and analyze the professional resources and the teaching practices, in order to understand the difficulties of the spreadsheet integration. In a second part, we present how we invested this work concretely in a practicum of formation.

Résumé: Il s'agit, ici, de porter un regard didactique sur l'intégration d'un outil informatique dans l'enseignement des mathématiques : le tableur. Les recherches sur le tableur y sont analysées dans une perspective instrumentale, perçue comme incontournable pour approcher les questions d'intégration technologique. Nous décrivons principalement cette analyse puis en présentons certaines implications didactiques : prolonger à cette technologie le cadre théorique de l'instrumentation et analyser les ressources professionnelles et les pratiques dans l'objectif de comprendre les difficultés d'intégration du tableur. Dans une seconde partie, nous présentons comment nous avons concrètement investi ce travail dans un stage de formation.

Il y a une ferme volonté institutionnelle d'intégrer le tableur dans les pratiques en France actuellement. Cependant, bien que les programmes le prescrivent depuis maintenant plusieurs années, son usage reste toujours très marginal. Pourtant, les ressources présentant des « activités-tableur » se sont considérablement multipliées : manuels/publications/sites Internet...

Ces constats initiaux suscitent des interrogations tant théoriques que pratiques :

- Le tableur pose-t-il des problèmes d'intégration spécifiques ? Que sait-on de ses potentialités pour l'enseignement des mathématiques ?
- Quelles sont les caractéristiques des ressources-tableur ? En quoi sont-elles/ou non susceptibles d'aider l'intégration souhaitée ?
- Comment fonctionnent les enseignants qui intègrent réellement le tableur ? Comment évoluent leurs pratiques ?

Un état des lieux des travaux didactiques sur le tableur a centré notre recherche sur l'enseignement de l'algèbre. Ces travaux nous semblant peu sensibles aux questions d'instrumentation, nous avons repris nos analyses à la lumière de l'approche instrumentale développée notamment dans le contexte des CAS (cf. [4] pour une synthèse).

Cette étude nous semble essentielle pour poser, dans le cas du tableur, les questions d'instrumentation en prolongeant les cadres précédents, analyser les ressources et interroger les pratiques.

Dans cet article, nous présentons, en premier lieu, quelques résultats de ce travail théorique, puis leur investissement du côté des pratiques.

I. PROBLEMATIQUE ARITHMETIQUE-ALGÈBRE ET TABLEUR

Diverses recherches menées sur le tableur (Rojano/Sutherland[6], Capponi[2], Arzarello/Bazzini/Chiappini[1]) concernent toutes la transition arithmétique-algèbre au

collège, attribuant au tableur un rôle potentiel d'appui face aux difficultés de l'apprentissage de l'algèbre (dualité procédural/structural, ruptures par rapport à l'arithmétique, complexité syntaxique/sémantique, cf.Grugeon[3] pour une synthèse). Le tableur apparaît comme :

- un bon outil de médiation sémiotique[1]
- occupant une situation intermédiaire : post-arithmétique/pré-algébrique[2]¹
- et permettant de progresser des méthodes intuitives/arithmétiques vers une méthode plus algébrique[6]

Cependant,cette double-position du tableur peut aussi laisser l'élève complètement du côté arithmétique[2] : seules les situations permettront d'assurer la transition. Or, en analysant celles proposées dans ces recherches, nous découvrons l'existence d'**implicites** : tandis qu'étaient claires les variables mathématiques utilisées, les variables « instrumentales »²restaient, elles, implicites. Ces éléments techniques sont pourtant absolument nécessaires pour que la tâche soit bien dévolue et que l'activité effective soit l'activité visée, et peuvent générer malentendus, l'élève utilisant le tableur « autrement » que ne le souhaitait l'enseignant.

Nous nous demandons alors si les ressources professionnelles, elles, prennent en compte ces implicites. Si oui, comment proposent-elles de les gérer ? Est-ce via une progression ? En jouant sur des effets de contrat didactique ?

Tout ceci laisse présager que le plein usage des potentialités du tableur ne va pas de soi. Nous entrevoyons des tâches nouvelles révélant un travail différent de celui en environnement papier-crayon. En quoi exactement consistent ces différences ? Quelles influences ont-elles sur l'apprentissage de l'algèbre et les conceptualisations attendues dans ce domaine ? Les analyses précédentes montrent que le côté « technique » de l'outil ne peut être sous-estimé si

¹ tant au niveau de ses fonctionnalités, des savoirs en jeu que des comportements et erreurs des élèves

² C'est-à-dire du côté technique de l'instrument, des fonctionnalités du tableur

l'on se place dans une perspective didactique, et nous mènent aux questions d'instrumentation.

II. UNE APPROCHE INSTRUMENTALE

Les recherches sur l'usage de technologies interrogent l'aspect « technique » de l'outil [5][4], ses éventuels impacts sur les conceptualisations des élèves, ses relations aux mathématiques, montrant que les rapports entre la part technique et la part conceptuelle, dite noble, des mathématiques sont plutôt à penser en terme de dialectique que d'opposition[4] : au cours de genèses instrumentales, *l'instrumentation s'accompagne de conceptualisation*[5]. Dans notre cas : Quelles démarches de résolution/techniques le tableur favorise-t-il ? Comment y vivent les objets déjà repérés comme problématiques en algèbre ? Quels nouveaux objets sont-ils introduits ?

Nous présentons, ci-après, 2 exemples du rôle éventuel joué par l'instrumentation (nouvelles possibilités, contraintes externes/internes, gestes associés) sur les conceptualisations :

I.1 La démarche de résolution : « essai/erreur »

Le tableur résout bon nombre de problèmes par une méthode proche de l'« essai/erreur » traditionnelle. Nous avons comparé celle-ci aux méthodes « arithmétique » et « algébrique » et montré qu'elle était intermédiaire¹. Le tableur apporte alors des spécificités la rapprochant

¹ suivant les critères : type de calcul (numérique/littéral), type de résolution (direct/indirect), nature des objets impliqués (expressions/équations), démarche (calculs à effectuer/équation à résoudre/égalité à tester), type de données utilisées (connues/inconnues)

davantage de l'algébrique : il ajoute une organisation algébrique à une résolution arithmétique.¹

I.2 Un exemple d'objet nouveau : la « variable-cellule »

Prenons simplement 2 cellules connectées par une formule : le tableur introduit un **nouvel objet** : la « variable-cellule » :

En papier-crayon, les variables dans les formules s'écrivent à l'aide d'un symbole (une lettre pour le niveau qui nous concerne). A cette variable-« lettre » se rattache un ensemble de valeurs (numériques ici) possibles. La variable-« lettre » existe en référence à cet ensemble de valeurs possibles.

Dans le tableur, prenons l'exemple de la formule calculant des carrés : nous avons une cellule-argument (A2) et une cellule contenant une formule (B2) se référant à cette cellule-argument :

	A	B
1		
2	5	=A2^2

 A2 est la cellule-argument

La variable, là encore, s'écrit à l'aide de symboles (du langage du tableur), existe toujours en référence à un ensemble de valeurs possibles, mais cet ensemble référent (abstrait ou concrétisé par une valeur particulière comme 5 sur le schéma) passe, ici, par un intermédiaire important : la cellule-argument qui est à la fois :

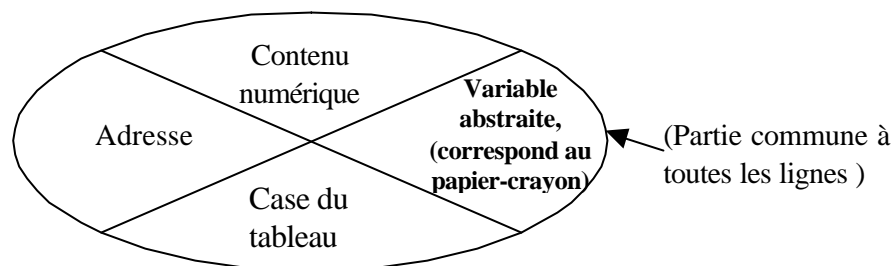
- Référence abstraite/générale : elle représente la variable (c'est bien à elle que se réfère la formule, lui faisant jouer le rôle de variable)

¹ gestion des données (cellules distinctes, formules intermédiaires similaires aux équations auxquelles aurait mené l'algèbre, résultats intermédiaires), systèmes de représentation (langages naturel, numérique et symbolique)

- Référence concrète/particulière : ici un nombre¹
- Référence géographique : adresse spatiale dans le tableau
- Référence matérielle : case du tableau, certains élèves peuvent la voir comme une boîte

Ainsi, là où, en papier-crayon, on attache un ensemble de valeurs, se superpose, ici, une cellule argument embarquant avec elle, en plus de la représentation abstraite/générale, trois autres représentations sans équivalent en papier-crayon :

La « variable- cellule » :



Les fonctionnalités de **recopie automatique**, d'**attribution de noms** aux cellules et la **réactualisation** des données compliquent encore la situation : notre formule en B2 peut être recopiée automatiquement², générant cette fois une « **variable-colonne** » objet encore différent du précédent.

De même, le tableur fait vivre différemment nombres, signe « égal », « inconnue », « formule »... Par exemple, l'invariant opératoire de la formule **ne se traduit pas** par un invariant syntaxique dans le tableur : la formule du carré, ci-dessus, s'écrira après recopie vers le bas : $A2^2$, $B2^2$, etc.. Comment cet invariant prend-il alors sens pour l'élève ? Est-ce à travers précisément le geste de recopie ?³

¹ même si la cellule est vide, certains tableurs lui attribue la valeur 0

² « en tirant » vers le bas la poignée de recopie

³ Notons que la cellule B2 est « à double face » : à la fois formule et éventuelle variable d'une autre formule dans une nouvelle cellule.

I.3 Conclusion

L'outil génère une complexité, malgré une apparente facilité d'utilisation (objets usuels/démarches modifiées, objets nouveaux) s'ajoutant aux difficultés usuelles (symbolisme, écriture/décodage de formules, statuts des objets) du passage à l'algèbre. Au moment même où l'élève vit ces difficultés, au moment où il doit à la fois donner de nouveaux statuts aux anciens objets et changer ses démarches de résolution, des éléments propres au tableur viennent s'entremêler, interférant avec les notions de variable, inconnue, équation, formule... Ces interférences sont-elles positives/négatives/négligeables sur les conceptualisations attendues (soit en référence à l'environnement papier-crayon) ?

Nous avons voulu montrer là que la genèse instrumentale, dans le cas du tableur, s'accompagne de questions essentielles dans une perspective didactique.. Ce travail théorique nous fournit un cadre d'étude pour aborder les problèmes d'intégration à travers l'analyse des ressources et des pratiques.

III. DU COTE DES PRATIQUES

Y a-t-il prise en compte de cette genèse instrumentale (éléments implicites, objets nouveaux/modifiés) dans les ressources, les pratiques ? Ces questions peuvent-elles expliquer certaines réussites d'intégration ou, au contraire, certains échecs ?

I.1 Autour de l'analyse des ressources

Grâce au cadre théorique précédent, nous analysons ces ressources à travers une grille considérant non seulement les éléments mathématiques mais aussi l'instrumentation propre au tableur.

Les premiers résultats nous a déjà permis de confirmer la **non-prise en compte des «sous-entendus** » dans les activités : (fonctionnalités techniques pré-requises, progression vis-à-vis

des contenus mathématiques/du tableur, contrat « élève-professeur » établi dans le cadre de l'instrumentation). L'origine de ces questions réside certainement dans la nature même des ressources (éparses, traitant localement d'un point du programme, difficulté à proposer un travail s'inscrivant tant dans la durée que dans une progression explicite), et expliquent, en partie, les **grandes disparités** observées entre activités de même catégorie au niveau du travail mathématique de l'élève : certaines sont des successions d'instructions fermées (exécution « presse-boutons », considérations de mises en formes), d'autres extrêmement riches, articulant divers environnements (monde sensible/papier-crayon/tableur). Enfin, nous observons **un déplacement vers le collègue** de certains exercices typiques du lycée, résolus ici grâce à l'essai/erreur-tableur.

I.2 Investissement en stage de formation

Nous avons essayé de nous servir, en partie, de ce travail, dans le groupe TICE de l'IREM de Paris, pour le stage du Plan Académique de Formation : « Exploitation de Ressources au Lycée » : stage de 3 journées de formation continue, dont une consacrée plus spécifiquement au tableur, que les enseignants choisissent sur la base du volontariat. Le travail précédent a alors servi de deux manières :

D'une part, il a été investi dans un exposé présentant à la fois les potentialités du tableur justement identifiées dans les recherches en didactique mais aussi les difficultés d'utilisation, ainsi qu'un rapide tour d'horizon des différents types d'usage possibles du tableur en classe. Par exemple, le tableur se présente, dans certaines ressources, comme un outil d'approximation. Dans notre exposé, nous avons détaillé un tel usage pour introduire l'exponentielle en Terminale comme solution d'une équation différentielle, et non plus comme fonction inverse du logarithme, comme le suggèrent les programmes officiels, en résolvant l'équation différentielle par approximation : le tableur permet d'appliquer la

Méthode d'Euler, et de visualiser, numériquement et graphiquement, les effets du changement de pas sur les diverses approximations.

L'exposé du stage incluant cet exemple d'utilisation fera l'objet d'un lien mis sur le site Internet de l'IREM, afin d'être accessible directement en ligne.

D'autre part, nous avons tenté d'axer le travail des stagiaires sur l'Analyse des Ressources. L'étude théorique précédente nous avait sensibilisé à ces questions, et nous a aussi permis de donner des éléments d'analyse aux stagiaires. Puis, nous leur avons demandé de réfléchir sur leurs propres critères de choix d'une ressource. Le temps a manqué ici pour terminer ce travail coopératif, mais l'esprit du stage était, non pas de présenter seulement de nouvelles ressources toutes faites, mais, au contraire, de partir de ce qui existe, c'est à dire du matériel quotidien des enseignants (manuels, sites Internet) et les amener à réfléchir sur l'analyse de ces ressources pour les aider à prendre du recul et s'y retrouver dans ce foisonnement d'activités.

IV. PERSPECTIVES

Nous devons compléter notre analyse des ressources de manière à obtenir un paysage assez représentatif de ce qui s'offre aux enseignants et comprendre dans quelle mesure la prise en compte des genèses instrumentales influe sur l'intégration du tableur : comment travaillent ceux qui l'ont bien intégré ? Comment/pourquoi ont évolué leurs pratiques ? Les « perturbations » liées à l'instrumentation, sa non prise en compte dans les activités expliquent-elles en partie leur faible intégration ? L'enseignant pressent-il ces éléments comme étrangers à sa façon de « faire des mathématiques », à la représentation qu'il veut en offrir à ses élèves ? Ou bien n'y a-t-il que les motifs souvent évoqués : peur de changer ses habitudes, d'être incompetent, refus de fournir les efforts requis, problèmes matériels, manque de formation ?... Nous faisons l'hypothèse que le professeur, non expert de l'outil :

- est peu sensible aux potentialités évoquées de l'instrument
- voit d'abord les différences, pressent une complexité ajoutée
- se trouve mal armé pour conjuguer instrumentation et apprentissages mathématiques

et que, pour toutes ces raisons, il peut difficilement tirer bénéfice des ressources qui lui sont offertes.

Notre recherche s'attache maintenant à tester ces hypothèses : comment se fait/pourquoi ne se fait pas, l'intégration du tableur par les enseignants ? Quelles sont les résistances, quelles en sont les raisons ?

Références

- [1] **Arzarello,F.,Bazzini,L.&Chiappini,G.**(2001)A model for analysing algebraic processes of thinking. Kluwer-Ac.Publisher.
- [2] **Capponi,B.**(1999)Le tableur pour le collège *Petit x n°52* Grenoble(pp.5-42)
- [3] **Grugeon,B.**(1995)Thèse de Doctorat, Université Paris VII(pp.9-96)
- [4] **Guin&Trouche Eds**(2002)Calculatrices symboliques. *La Pensée Sauvage*
- [5] **Rabardel,P.**(1999)Eléments pour une approche instrumentale en didactique des mathématiques. *Université d'été, IUFM-Caen*,(pp.203-213)
- [6] **Rojano,T&Sutherland,R.**(2001)Algebraic reasoning with spreadsheets. International Seminar, Cambridge