Master HPDS, Université Lyon 1, Laboratoire LEPS-LIRDHIST

Revue d'articles francophones sur l'intégration des calculatrices dans l'enseignement des mathématiques 2002-2008

Hussein SABRA
(direction Luc TROUCHE)

Février 2008

EducTice
eductice.inrp.fr
INRP
www.inrp.fr
Lyon 1
Texas Instruments

Sommaire

La quête scientifique a cela de remarquable
qu'elle pousse sans cesse l'homme à se dépasser
Blaise Pascal

Préface	p. 5
1) Méthodologie	p. 7
2) Liste des références 2002-2008	p. 15
3) Résumé et analyse des 10 références retenues	p. 17
4) Conclusion	p. 49
5) Bibliographie	p. 53

La Pascaline, une des premières calculatrices mécaniques.
Elle a été inventée par Blaise Pascal en 1642.

Préface

Les travaux de recherche sur l'intégration des calculatrices dans l'enseignement des mathématiques ont une longue histoire. Ils ont suivi l'évolution technologique, des « machines à calculer de bureau » évoquées par les programmes scolaires de 1971, jusqu'aux calculatrices complexes permettant la combinaison dynamique de plusieurs applications (Aldon et al. 2008). La problématique de ces travaux a aussi évolué, d'un postulat positif à un questionnement des conditions d'intégration de ces outils (Trouche 1994).

La commande passée par Texas Instruments d'une revue des travaux récents, en langue française, concernant les calculatrices dans l'enseignement des mathématiques, est l'occasion de faire le point.

Un travail spécifique de revue des articles concernant les calculatrices a déjà été fait aux Etats-Unis (Burril 2002). Une revue des articles de recherche a aussi été réalisée en France, mais elle concernait l'ensemble des TIC en relation avec l'enseignement des mathématiques (Collectif 2000, Lagrange et al. 2003).

Pour les calculatrices, des travaux de synthèse existent aussi en France, mais ils ne sont pas basés sur une revue des articles de recherche. On peut citer deux ouvrages qui ont sans doute marqué une étape dans le développement des recherches :

- les actes du colloque de la Grande-Motte sur les calculatrices symboliques et géométriques (Guin 1999) ;
- un ouvrage proposant de nouvelles approches théoriques pour analyser les processus d'intégration des calculatrices (Guin et Trouche 2002), à partir de travaux étudiant ces processus sur un temps relativement long (une année scolaire), dans plusieurs classes.

La commande de Texas Instruments proposait de remonter dans le temps, depuis aujourd'hui, sur une période comprise entre 5 et 8 ans. Il nous a semblé pertinent de prendre comme point de départ 2002, date de la parution du dernier ouvrage de synthèse, avec l'hypothèse que cette date marquait une étape : fin d'une période focalisée sur les calculatrices symboliques, début d'une nouvelle période où les travaux vont être plus diversifiés, autour des notions de réseau, de travail collaboratif, d'outils nomades, de conception de ressources ou d'artefacts.

Ce travail a été confié à un étudiant du master HPDS (Histoire, Philosophie et Didactique des Sciences) de l'université Lyon 1. Il le réalise dans le cadre de son mémoire de master, que je dirige. J'assume donc la responsabilité scientifique de cette étude, dont le mérite principal revient à son auteur, Hussein Sabra.

Le 31 janvier 2008

Luc Trouche

1 - Méthodologie

1.1 Introduction

Après plus de 30 ans de recherches sur les conditions et les effets de l'intégration des TICE dans le système éducatif, ce rapport a pour objectif d'interroger les travaux francophones dans le domaine plus particulier des calculatrices, entre 2002 et 2008, de plusieurs points de vue :

- repérer les différentes approches didactiques ;
- repérer ce qui est dit des processus d'intégration des calculatrices par les enseignants et les élèves, de point de vue de leurs besoins et de la satisfaction de ces besoins ;
- repérer ce qui est dit de l'influence de cette technologie sur les situations d'enseignement et d'apprentissage ;
- analyser l'évolution des situations mathématiques, des programmes et des institutions éducatives dont témoignent ces travaux.

L'intégration des TIC dans l'enseignement des mathématiques suppose sans doute des modifications profondes du système didactique. En outre, ces environnements technologiques sont en évolution rapide. D'où l'importance et la richesse des recherches en didactique dans ce domaine, qui sont au cœur des travaux de plusieurs équipes en France, dont l'équipe EducTice de l'INRP. Nous nous sommes appuyés sur cette expertise pour répondre à la commande de Texas Instruments : repérer l'ensemble des publications, concernant les calculatrices, sur la période considérée, puis analyser plus précisément 10 d'entre elles.

Tout d'abord, il s'agit de répondre à une question essentielle pour notre travail : qu'est-ce qu'une publication qui « parle de l'intégration des calculatrices dans l'enseignement des mathématiques ? » : nous retiendrons toute publication concernant les situations d'enseignement et d'apprentissage des mathématiques d'un point de vue interne (élèves, enseignants, savoir et institution scolaire) ou externe (influence de la société), et ayant comme objet d'étude principal ou secondaire les calculatrices (dans le cadre de notre étude, nous ne retiendrons que les publications qui se situent au niveau du lycée (du $10^{ème}$ au $12^{ème}$ grade).

Ainsi nous n'avons pas conservé les publications qui étudient le rôle des calculatrices dans différents domaines: économie, commerce et autres. Par contre on a retenu des publications qui ont pour objet d'étude les environnements informatisés d'apprentissage et qui donnent des exemples sur les calculatrices (objet d'étude secondaire).

1.2 Méthode utilisée

Pour réaliser ce travail, nous avons suivi une démarche qui repose sur la construction conjointe de plusieurs types de documents :

- un document qui contient les références des publications repérées dans la période choisie (§ 2) ;
- un document de synthèse répertoriant ces références sur une feuille de calcul, permettant leur tri suivant des paramètres qui se sont dégagés au cours de notre de étude (§ Annexe) ;
- une fiche « résumé » et une fiche « analyse » pour les 10 publications les plus « représentatifs » (suivant des critères que l'on précisera) de la liste des références (§ 3) ;

- ainsi que le présent document qui décrit l'évolution du travail et la méthodologie suivie (§ 1).

Un travail similaire de repérage de publications de recherche et de sélection de publications représentatives pour une analyse plus détaillée avait déjà été fait dans le cadre d'une recherche antérieure, réalisée dans le cadre du CNCRE, Comité National de Coordination de la Recherche en Education (Artigue 2000 ; Lagrange et al. 2003), à propos de l'intégration des technologies plus générales dans l'enseignement des mathématiques. Nous nous sommes inspirés de certaines de ses méthodes pour concevoir notre travail.

1.3 La liste des références

Il s'agissait de repérer les publications francophones sur les calculatrices entre 2002 et 2008. Nous avons pour cela suivi plusieurs pistes.

Interrogation d'experts

Nous avons interrogé des acteurs connus de la recherche dans ce domaine : Gilles Aldon, Benjamin Clerc, Paul Drijvers, Sébastien Hache, Gérard Kuntz, Sophie Soury-Lavergne et Maryse Noguès. Nous avons ainsi obtenu les articles (Drijvers et VandeGiessen 2003), (Noguès 2007), deux thèses soutenues à Grenoble (Le Thai Bao 2007 ; Nguyen 2005) ainsi que des articles de la revue MathémaTICE et le cédérom *36 élèves, 36 calculatrices* de l'IREM de Lyon. De plus, la consultation de la bibliographie de ces articles nous a offert une nouvelle source pour enrichir cette liste de références.

Interrogation de moteurs de recherche et de bases de données

L'utilisation de moteurs de recherche (Google par exemple) offre des possibilités qui ne peuvent pas être exploitées sans une réflexion préalable : pour un ou plusieurs mots clés, on obtient un très grand nombre de pages web. La plupart de ces résultats ne sont pas toujours conformes à ce qui est visé, et, de toute façon, il n'est pas possible, faute de temps, de les consulter d'une façon exhaustive. Il faut donc soigneusement choisir les indicateurs qui vont orienter la recherche (des noms des chercheurs qui travaillent sur les TICE, des terminologies spécifiques qui se rapportent au TICE, …). Voici deux exemples de ce qu'on a trouvé sur google :

- avec les mots clés « calculatrice et orchestration », on trouve l'adresse http://subs.emis.de/journals/ZDM/zdm033r2.pdf qui nous donne accès à la référence (Guin et Trouche 2002) ;
- avec les mots clés « apprentissage et calculatrice », on trouve la référence (Verdier 2002).

Nous avons par ailleurs interrogé une base de données bibliographique sur l'enseignement des mathématiques : Publimath. Il y a plusieurs façons de chercher soit par nom d'auteur, soit par mot clé, soit par revue. On obtient alors des résultats rangés par ordre alphabétique. Voici des exemples de références trouvées:

- par le mot clé « calculatrice », on trouve plusieurs fiches, par exemple (Hivon 2006) ;
- par auteur « Jean-Baptiste Lagrange »,on trouve (Lagrange et Heilbronner 2003).

Cette recherche a ses limites : décider de l'intérêt d'une publication pour notre recherche suppose la consultation du texte intégral ce qui n'est pas possible avec Publimath.

D'autres bases de données bibliographiques ont été interrogées, à partir de la bibliothèque de l'INRP :

La base Education Resources Information Center (ERIC) n'est pas spécifique aux mathématiques, elle permet des recherches suivant des critères différents : titre, auteur, mot clé, description. Les résultats sont donnés par référence de la publication, résumé, mots clés et

parfois le texte intégral. Nous n'avons pas pu trouver ainsi des résultats conformes à nos attentes, surtout de point de vue langue : toutes les publications ainsi obtenues sont en anglais.

Recherches exhaustives (pour la période 2002-2008) dans un ensemble de revues ou de sites

Nous avons fait le choix des ensembles suivants :

- revues de recherche académique : Recherches en Didactique des mathématiques ;

- revues de recherche et de compte-rendu d'expérience, sous format papier ou en ligne : Repères-IREM, Petit x, Plot, MathémaTICE, Dossiers de l'Ingénierie Educative ;

- revues professionnelles : Bulletin APMEP (Association des Professeurs de Mathématiques de l'Enseignement Public) ;

- les brochures ou cédérom publiés par les IREM ou le CNDP : SFoDEM, 36 élèves 36 calculatrices ;

- les sites Internet de l'APMEP, des IREM (par exemple le Wiki du groupe Mathenpoche de l'IREM de La Réunion, http – wiki IREM) et de l'INRP (EducMath : http://educmath.inrp.fr), à l'intérieur desquels nous avons utilisé les moteurs de recherche proposés (ainsi, au 7 janvier 2008, le moteur de recherche de l'APMEP donne 114 pages web pour le mot clé « calculatrice ») ;

Les thèses en didactique des mathématiques et TICE soutenues en France n'ont pas été explorées systématiquement. Ce pourra être l'objet d'une étude ultérieure.

La recherche a été réalisée pour l'essentiel depuis la bibliothèque de l'INRP, qui possède une des bibliothèques les plus complètes d'Europe en matière de recherche sur l'éducation. Les références ont été complétées au fur et à mesure à partir des indications bibliographiques proposées par les publications consultées.

Le choix a été fait de ne pas retenir, dans un premier temps, les revues de vulgarisation, du type Tangente, Quadrature…

Il est important de noter que les recherches sur les sites, à partir des bases de données bibliographiques et la consultation des revues ne sont pas tout à fait indépendantes mais au contraire ces trois pôles nous ont offerts une mutualisation des informations pour compléter la liste des références : les sites et les bases de données nous donnent les références des publications dont on trouve le texte intégral dans les revues consultés.

Cette recherche a abouti au repérage de 35 publications (§ 2). Toutes ces publications ont été répertoriées dans une feuille de calcul (cf. Annexe), qui nous a facilité différents tris permettant de diversifier les points de vue sur cet ensemble de références, et ainsi d'aider à la sélection de 10 publications.

A noter : la date de la publication ne correspond évidemment pas à la date d'écriture de celle-ci. Ainsi l'ouvrage (Floris et Conne 2007) met à disposition les contributions d'un colloque qui s'est tenu en 2003.

1.4 La sélection de 10 publications pertinentes dans la liste des références

La sélection de ces publications a été faite pour assurer la représentation d'une diversité de valeurs dans un ensemble de champs :

- type de publication : article de recherche, description d'une expérimentation, réflexion générale ou présentation d'un produit technologique (cf. 1.5) ;
- type de technologie utilisée : calculatrice graphique, symbolique, réseau, ordinateur ;
- public visé : chercheurs, enseignants, institution scolaire et éducative ;

- statuts de l'auteur : chercheurs, formateurs, enseignants, occupe une poste administrative ou officielle. Ce critère est choisi pour prendre en compte le point de vue des différentes institutions que représente chaque auteur ;
- type de diffusion : en ligne, revue, ouvrage ;
- les publications choisies prennent en compte différents éléments du système didactique dans leurs études : études se centrant sur les élèves et leurs tâches. Etudes se centrant sur les enseignants de point de vue pratique et complexification du travail ainsi que difficulté lors de l'intégration d'un nouvel outil technologique. Etudes qui se centrent sur le rapport au savoir et le rôle des institutions éducatives et scolaires alors que des questions d'intégration dans les institutions scolaires et de transformation des programmes se posent ;
- la répartition dans le temps entre 2002 et 2008.

Par ailleurs, quand nous avions le choix entre plusieurs publications correspondant aux mêmes valeurs, nous avons choisi celle qui nous paraissait la plus riche en matière de réflexion sur l'intégration des calculatrices, au-delà des circonstances particulières d'une expérimentation donnée.

La représentativité ne doit donc pas s'entendre ici au sens de « importance de la publication dans le domaine », mais au sens de représentant un élément de la diversité des publications repérées. On récapitule ci-dessous la sélection des publications avec les valeurs correspondantes des différents champs.

Article	Auteur	Type d'article	Technologie	Public	Publication	Didactique
Aldon et al 2008	Professeurs, chercheurs	Expérimentation	Calculatrice symbolique, réseau	Formateurs, professeurs	Article revue	Apprentissages
Artigue 2008	Chercheur	Réflexion Générale	TIC	Chercheur, formateur, institutionnel	Actes de conférence	Général
Boursey et al 2003	Formateurs	Présentation de produits et propositions d'utilisation	Calculatrice	Professeurs	Cédérom	Technique, apprentissage, enseignement
Caron 2007	Chercheur	Recherche	Calculatrice graphique	Chercheurs, formateurs	Article papier	Apprentissages
Drijvers 2004	Chercheur	Présentation	TIC	Formateurs	Article papier	Institutionnel
Hivon 2006	Formateur	Expérimentation	Réseau	Professeurs	Article ligne	Elèves/situations
Moisan 2006	Inspecteur	Présentation	TIC	Professeur et formateurs	Article	Institutionnel
Trouche 2002	Chercheur	Recherche	Calculatrice	Chercheurs, formateurs	Chapitre	Intégration
Trouche 2007	Chercheur	Recherche	Calculatrice Symbolique	Chercheurs	Chapitre	Apprentissage et enseignement
Verdier 2002	Prof T3	Expérimentation	Calculatrice numérique	Professeur	Article revue	Apprentissages

1.5 La conception d'un modèle de fiche résumé et d'un modèle de fiche analyse pour les 10 publications retenues

Nous sommes partis des modèles disponibles : les modèles suggérés par Texas Instruments pour les deux fiches résumé et analyse (Fig.2) et le rapport CNCRE qui évoque deux modèles notés *grille de repérage* et *grille de lecture* (Fig.1). Nous les avons mis à l'épreuve sur des articles de type différent : des articles plutôt de type « expérimentation » (Hivon 2006) ou plutôt de type « recherche » (Trouche 2007). Bien persuadés que la conception se poursuit dans l'usage (Rabardel et Pastré 2005), au fur et à mesure de l'avancée de nos travaux, nous avons ajusté les champs et leurs contenus.

La grille de repérage	*La grille de lecture*
1- Auteurs	• Raison de la sélection
2- Titres	• Cadre théorique
3- Année	• Problématique
4- Référence	• Méthodologie /dispositif
5- Type d'article	• Analyse
6- Matériel utilisé	• Résultats /Conclusions
7- Domaine mathématique	• Observation du lecteur
8- Niveau de formation	
9- Problématique	
10- Intérêt du document	
11- Pays	

Figure 1. *Les modèles des grilles suivant le rapport de CNCRE (2000)*

Research Abstract	**Research Analysis**
Citation	Date
Background	Auteur
Purpose	Research design
Setting	Population
Study Sample	Product
Intervention	Subject
Product	Goals of study
Research Design	Summary
Control Groups	Details: sample and results
Data Collection and Analysis	Potential risks
Findings	

Figure 2. *Les modèles des fiches résumé et analyse suggérés par Texas Instruments*

La grille de repérage (Fig. 1) expose les caractéristiques principales des publications répertoriées: elle correspond à la fiche résumé de notre travail, ayant le même but mais avec des critères peu différenciés selon les objectifs distincts des projets. Le modèle de fiche résumé proposé par Texas (Fig. 2) nous a paru convenir à des articles qui décrivent des expérimentations, mais convient moins pour des articles plus théoriques. Le modèle que nous avons retenu (§ 1.6) résulte parfois d'une reformulation des rubriques (matériels utilisés est reformulé sous le nom *environnements technologiques*), parfois d'un groupement de plusieurs rubriques en une (*élèves*), parfois en un ajout de nouvelles rubriques permettant de mieux situer le projet (*l'auteur impliqué ou observateur*, *documentation des enseignants*, *temps d'expérimentation*). Il est important de noter que le *rôle du temps est essentiel* comme variable didactique dans des environnements ou les outils jouent un rôle majeur, comme l'a relevé le rapport CNCRE.

Pour la fiche analyse, en plus des modèles proposés par Texas Instruments et CNCRE, nous avons exploité une liste de questions (Fig. 3) proposées par Burril (2002) dans sa revue d'articles sur les calculatrices graphiques. L'article analyse les articles sélectionnés suivant deux étapes : première étape, les articles sont regroupés suivant les réponses à cinq questions centrales (Fig. 3) ; deuxième étape, les informations relevées de chaque question sont organisés suivant quatre critères : résultats et conclusions, les points faibles, lacune et trou dans l'étude ainsi que l'implication des résultats dans les pratiques de classe.

Question 1. How do teachers use handheld graphing technology and how is this use related to their knowledge and beliefs about technology, mathematics, and teaching mathematics? What do teachers Know and believe about handheld graphing technology and how is this related to their beliefs about mathematics and mathematics education?

Question 2. With What Kinds of mathematical tasks do students choose to use handheld graphing technology? How do students use the technology to carry out these tasks?

Question 3. What mathematical Knowledge and skills are learned by students who use handheld graphing technology? In what ways do students use this knowledge and these skills?

Question 4. What is gained mathematically by students using handheld technology that cannot be observed in a non-technology environment? In what ways do students use this knowledge and these skills?

Question 5. What impact does handheld graphing technology have on the performance of students from the different gender, racial, socio-economic status, and achievement groups?

Figure 3. *Les cinq questions centrales (Burill 2002)*

Notre fiche (§ 1.6) est conçue au départ comme un modèle synthétique de ces trois modèles, ajusté suivant deux contraintes : la complémentarité avec la fiche résumé et la correspondance avec la problématique du travail. Des différences culturelles apparaissent à cette occasion : alors que, dans la culture des USA, l'impact des différences de sexe et des différences « ethniques » est souvent objet d'étude, nous n'avons pas trouvé trace de telles études en France.

1.6 Les modèles de fiche résumé et de fiche analyse retenus

Modèle de fiche résumé de publication

C'est une fiche descriptive de la publication, elle se compose des champs suivants (qui seront renseignés différemment, suivant le type de publication) :

- *référence de la publication* : mise aux normes de la revue RDM (Recherches en Didactique des Mathématiques) ;

- *mots clés* : en distinguant les mots clés se trouvant dans la publication et les mots clés ajoutés par nous ;

- *résumé* : moins de dix lignes précisant les hypothèses et résultats de la publication ;

- *type de publication* : distinguant, suivant l'étude CNCRE (Collectif 2000), parmi les quatre types : publication de recherche, compte-rendu d'expérimentation, publication de réflexion générale ou publication concernant la conception, la description ou l'analyse d'un produit technologique ;

- *problématique, méthodologie et cadre théorique éventuel* : s'agit-il d'une réflexion réduite à une expérimentation, ou d'une problématique d'une intégration institutionnelle de portée plus générale ? Pour la méthodologie de travail, il s'agit de préciser les choix de l'auteur et le type d'études, étude interne ou comparaison avec un échantillon témoin ;

- *environnement technologique*: il s'agit de mentionner le type de calculatrices supports de l'étude, ainsi que d'autres technologies éventuellement associées ;

- *domaine mathématique* : Quelle est le domaine mathématique concerné dans cette étude ?

- *auteurs et enseignants impliqués* : il s'agit de préciser les relations éventuelles de l'auteur avec des constructeurs de calculatrices, avec les institutions (ministère, IREM, INRP), l'existence ou non d'une équipe, est-ce que l'auteur est impliqué dans l'expérimentation ou est-il un observateur d'extérieur ?

- *temps de l'expérimentation* : combien de séances analysées, de combien de temps chacune, quelle durée entre le début et la fin de la période d'étude ?

- *élèves* : niveau scolaire concerné, nombre de classes, nombre d'élèves ;

- *documentation du professeur* : des environnements technologiques différents influent certainement sur la pratique des enseignants, sur les ressources pédagogiques et leurs conceptions. Cette rubrique décrit le rôle de la publication dans ce domaine ; propose-t-elle des ressources spécifiques pour l'environnement technologique ? Si oui, quelles sont les sources évoquées ? Des ressources originales sont-elles proposées, lesquelles, et conçues par qui ?

Modèle de fiche d'analyse de la publication

Cette fiche est complémentaire de la fiche résumé. Elle se centre plutôt sur les modifications et les transformations au niveau du système didactique (savoir, élève, enseignants et institution) liées à l'intégration des calculatrices et des technologies informatiques :

- *objectifs généraux de la publication et public concerné* : préciser les objectifs de la publication et à qui il s'adresse (enseignant, chercheur, institution éducative, …) ; il se peut que le public concerné ne soit pas précisé, on pourra le déduire des objectifs généraux qui seront explicités ;

- *du point de vue de la recherche* : quels sont les apports théoriques éventuels de la publication ?

- *du point de vue des mathématiques :* quelles innovations au niveau des thèmes d'enseignement, des façons de traiter des thèmes classiques, des types de problèmes et des situations mathématiques ?

- *du point de vue des élèves :* l'analyse de l'impact des calculatrices et autres technologies informatiques sur les processus d'apprentissage ; développement de l'activité (en classe et hors classe), réalisation des tâches, développement des apprentissages ;

- *du point de vue des professeurs* : l'analyse de l'impact des nouvelles technologies sur les pratiques des enseignants ; évolution du rôle du professeur (dans la classe, hors la classe), facilitation/complexification, appauvrissement/enrichissement ;

- *du point de vue de la technologie* : facilité/difficulté d'usage, potentialités/contraintes, suggestions d'amélioration ;

- *du point de vue institutionnel* : évaluation du travail des élèves en général, évaluation de l'utilisation par les élèves de leurs calculatrices, rapport au curriculum, rapport au temps (l'intégration des calculatrices fait-elle gagner du temps, ou demande-t-elle plus de temps ?) ;

- *autres résultats et conclusion* : il s'agit d'exprimer si les objectifs de la publication sont atteints, si les conclusions et les résultats sont conformes aux hypothèses. Nouveaux problèmes, nouvelles pistes de recherche évoquées ?

- *commentaire sur la publication :* validité des résultats au-delà de l'expérience évoquée, publication originale ou non (l'auteur a-t-il écrit d'autres publications, retrouve-t-on le même type d'idées dans d'autres publications référées), influence de l'auteur (est-il évoqué dans d'autres publications?), relations avec les recherches au niveau international ?

2 – Liste des références 2002 - 2008

ALDON G., ARTIGUE M., BARDINI C., BAROUX-RAYMOND D., BONNAFET J.-L., COMBES M.-C., GUICHARD Y., HERAULT F., NOWAK M., SALLES J., TROUCHE L., XAVIER L., ZUCHI I. (2008), Nouvel environnement technologique, nouvelles ressources, nouveaux modes de travail : le projet e-CoLab, Repères-IREM 72 et EducMath. http://educmath.inrp.fr/Educmath/lectures/dossier_mutualisation/

ARTIGUE M. (2004), L'enseignement du calcul aujourd'hui : problèmes, défis et perspectives, *Repères-IREM* 54, 23-39.

ARTIGUE M. (à paraître), L'influence des logiciels sur l'enseignement des mathématiques, contenus et pratiques, Actes du séminaire DGESCO de février 2007.

BOURSEY E., NOYARIE D., THOMAS R. (2003), 36 élèves 36 calculatrices, *IREM de Lyon*, cédérom.

CARON F. (2007), Au cœur de « la calculatrice défectueuse » : un virus qu'on souhaiterait contagieux !, *Petit x* 73, 71-82.

COSTE R. (2002), Programmes, nouveautés et calculatrices, *Chantiers de pédagogie mathématique* 115, 3-4, APMEP Bulletin de la Régionale d'Ile –de-France.

COSTE R. (2002), Programmes, nouveautés et calculatrices (2), *Chantiers de pédagogie mathématique* 116, 6-7. APMEP Bulletin de la Régionale d'Ile -de-France.

DE GRAEVE R., HELMSTTELER C. (2003), Si on prend $\frac{2}{3} = 0{,}677$ est-ce que c'est grave ?, *Bulletin de l'APMEP* 445, 214-224.

DRIJVERS P., VANDEGIESSEN C. (2004), L'intégration des TICE dans l'enseignement des mathématiques : la situation hollandaise, *Ac-Tice* 38, 28-35.

EGGER B. (2002), Représentation graphique et nombres rationnels, *Bulletin de l'APMEP* 438, 89-113.

FLORIS R., CONNE F. (dir.) (2007), *Environnements informatiques, enjeux pour l'enseignement des mathématiques. Intégrer des artefacts complexes, en faire des instruments au service de l'enseignement et de l'apprentissage*, Bruxelles : De Boeck.

> TROUCHE L., Environnements informatisés d'apprentissage : quelle assistance didactique pour la construction des instruments mathématiques ? pp. 19-38
>
> LAGRANGE J.-B., Pratiques instrumentées et démarche expérimentale dans l'apprentissage de la notion de fonction, pp. 161-180
>
> KRYSINSKA M., MERCIER A., SCHNEIDER M., Gestion d'instrumentation didactique de calculatrices graphiques dans l'étude de classes paramétrées de fonctions, pp. 135-160.

GUIN L., TROUCHE L. (dir.), *Calculatrices symboliques, transformer un outil en un instrument du travail mathématique : un problème didactique*, Grenoble : La Pensée Sauvage.

> ARTIGUE M., L'intégration de calculatrices symboliques à l'enseignement secondaire : les leçons de quelques ingénieries didactiques, pp. 277-349
>
> LAGRANGE J.-B., Etudier les mathématiques avec les calculatrices symboliques : quelle place pour les techniques, pp. 151-185
>
> LAGRANGE J.-B., Les outils informatiques entre « sciences mathématiques » et enseignement, une difficile transposition ?, pp. 89-116
>
> TROUCHE L., les calculatrices dans l'enseignement des mathématiques : une évolution rapide des matériels, des effets différenciés, pp. 21-52

TROUCHE L., Une approche instrumentale de l'apprentissage des mathématiques dans des environnements de calculatrice symbolique pp. 187-214

TROUCHE L., Genèses instrumentales, aspects individuels et collectifs, pp. 243-276

HIVON L. (2006), Vers une mutualisation de la calculatrice en classe, Les calculatrices pour qui, pour quoi et comment, *MathémaTICE* 1, 13 p., http://revue.sesamath.net/spip.php?article29

HIVON L., MANUEL P., TROUCHE L. (2008), D'un réseau de calculatrices à la construction collaborative du savoir dans la classe, Repères-IREM 72 et EducMath http://educmath.inrp.fr/Educmath/lectures/dossier_mutualisation/

JUNCA S. (2005), Calculatrices, nombres positifs, précisions relatives, pourcentages et distance logarithmique, *Bulletin de L'APMEP* 458, 395-406.

KUNTZ G. (2006), Des examens sans calculatrices personnelles, *Bulletin de l'APMEP* 463, 266-297.

LAGRANGE J.-B. (2007), Le calcul algébrique au premier trimestre de Première S. Utilisation d'un outil géométrique et symbolique, *MathemaTICE* 7, http://revue.sesamath.net/spip.php?article112.

LAGRANGE J.-B, HEILBRONNER L. (2003), Adapter un logiciel de calcul formel pour l'utiliser avec des élèves de Lycée, *Bulletin de L'APMEP* 445, 225-232.

LE THAI BAO T. T. (2007), *Étude didactique des relations entre enseignement de la notion de limite au lycée et décimalisation des nombres réels dans un environnement 'calculatrice', Une étude de cas au Viêt-nam*. Thèse de doctorat de l'Université Joseph Fourier Grenoble I.

MOISAN J. (2006), Des outils numériques pour l'enseignement des mathématiques. *Dossiers de l'ingénierie éducative* 54, 4-8.

NGUYEN C. T. (2005), *Etude didactique de l'introduction d'éléments d'algorithmique et de programmation dans l'enseignement mathématique secondaire à l'aide de la calculatrice*, Thèse de doctorat de l'Université Joseph Fourier Grenoble I.

NOGUES M. (2006), Des calculatrices en classe. *Dossiers de l'ingénierie éducative* 54, 47-49.

ROUSSEL D. et le Groupe lycée professionnel de l'IREM d'Aix-Marseille (2006), Les calculatrices formelles en classes de baccalauréat professionnel, *MathémaTICE 1*, 6 p., http://revue.sesamath.net/spip.php?article=27&x=16&y=11

TROUCHE L. (2005), Construction et conduite des instruments dans les apprentissages mathématiques, nécessité des orchestrations, *Recherches en Didactique des Mathématiques* 25(1), 91-138.

TROUCHE L. (dir.) (2007), Sur l'épreuve pratique de mathématique au baccalauréat, question de Michèle Artigue et réponses, Débat EducMath, http://educmath.inrp.fr/Educmath/en-debat/epreuve-pratique/

TROUCHE L., FAURE C., NOGUES M., SALLES S. (2008), Zoom sur une technologie, in D. Guin, M. Joab et L. Trouche (dir.), *Conception collaborative de ressources pédagogiques, l'expérience du SFoDEM (2000-2006)*, INRP et IREM (Université Montpellier 2), cédérom.

VASSARD C., PHILIPPE C., LASSALLE O., COLESSE S., LE HIR G., IREM de Rouen Groupe Arithmétique (2002), *Arithmétique et TI 89/92 en Terminale S*, vol. 1 et 2, CRDP de Haute-Normandie Mont-Saint-Aignan.

VERDIER J. (2002), Les calculatrices n'ont pas toujours raison, un exemple le calcul de $A = 9x^4 - y^4 + 2y^2$ pour $x = 10\,864$ et $y = 18\,817$, *Bulletin de l'APMEP* 440, 293-302.

3 - Fiches *résumé* et *analyse* des 10 références retenues

Aldon et al 2007, résumé

Référence de la publication
ALDON G., ARTIGUE M., BARDINI C., BAROUX-RAYMOND D., BONNAFET J.-L., COMBES M.-C., GUICHARD Y., HERAULT F., NOWAK M., SALLES J., TROUCHE L., XAVIER L., ZUCHI I. (2008), Nouvel environnement technologique, nouvelles ressources, nouveaux modes de travail : le projet e-CoLab, Repères-IREM 72 et EducMath. http://educmath.inrp.fr/Educmath/lectures/dossier_mutualisation/

Mots Clés
Calculatrice, communauté de pratique, ressources pédagogiques, modèle de ressources, travail collaboratif.

Résumé
L'article présente la recherche collaborative menée par trois équipes (INRP et IREM de Lyon, Montpellier et Paris) expérimentant une nouvelle calculatrice de Texas Instruments qui offre de nouvelles possibilités pour le travail mathématique. La recherche porte sur les conditions de la mutualisation des ressources pédagogiques conçues par les trois équipes, sur les apprentissages réalisés par les élèves dans l'expérimentation.

Type de la publication
Publication décrivant une expérimentation et un nouveau produit technologique.

Problématique, méthodologie et cadre théorique éventuel
Problématique : 6 classes de seconde sont engagées dans l'expérimentation ; les 6 professeurs sont accompagnés par une équipe de chercheurs ; travail des professeurs en présence et à distance, via une plate-forme web ; mutualisation des ressources ; analyse a priori et posteriori des séances et analyse des apprentissages des élèves grâce à des comptes rendus d'observation et d'expérimentation et des questionnaires pour les élèves ; cadres théoriques présents : communauté de pratique (Wenger 1998), orchestration instrumentale (Trouche 2005) ; situations didactiques (Brousseau 1998) ; approche instrumentale (Rabardel 1999).

Domaine mathématiques
Fonctions, calcul, géométrie (triangles semblables, transformations, théorème de Thalès).

Environnement technologique
Calculatrice TI-*n*spire.

Auteurs et enseignants impliqués
Les auteurs sont des enseignants et enseignants-chercheurs à l'INRP et IREM de Lyon, Montpellier et Paris, ils sont impliqués dans 3 équipes suivant l'expérimentation.

Temps de l'expérimentation
L'article parle de l'expérimentation durant l'année 2006/2007.

Elèves
Niveau scolaire : six classes de seconde ($10^{ème}$ grade) ; nombres d'élèves non précisé.

Documentation du professeur
Ressources de types évolutifs, disponible sur l'espace de travail du site EducMath : L'hélicoptère, Le plus court chemin, Sangaku, A vo(u)s Paris, L'enseigne, Descartes.

CD-ROM Aldon and al 2008, summary

Reference of the publication
ALDON G., ARTIGUE M., BARDINI C., BAROUX-RAYMOND D., BONNAFET J.-L., COMBES M.-C., GUICHARD Y., HERAULT F., NOWAK M., SALLES J., TROUCHE L., XAVIER L., ZUCHI I. (2008), Nouvel environnement technologique, nouvelles ressources, nouveaux modes de travail : le projet e-CoLab, Repères-IREM 72 et EducMath. http://educmath.inrp.fr/Educmath/lectures/dossier_mutualisation/

Keywords
Calculator, community of practice, pedagogical resources, resources model, collaborative work.

Abstract
This article offers collaborative experimenting research conducted by three teams (INRP and IREM Lyon, Montpellier and Paris) for a new calculator from Texas Instruments, which offers new opportunities for mathematical work. The research focuses on the conditions for pooling of educational resources developed by the three teams on the learning achieved by the students in experimentation.

Type of publication
Publication describing experimentation and new technology product.

"Problematique", methodology and theoretical framework possible
Problematique: 6 grade 10 classes are engaged in experimentation, and 6 professors are accompanied by a team of researchers working in the presence of teachers and remotely via a web platform; pooling of resources; a priori analysis of the periods and analysis of student learning through the reports of observation and experimentation and questionnaires for students; theoretical frameworks present: community of practice (Wenger 1998), instrumental orchestration (Trouche 2005); didactical situation (1998 Brousseau); instrumental approach (Rabardel 1999).

Mathematics fields
Functions, arithmetic, geometry (similar triangles, transformations, Thales' Theorem).

Technological Environment
Calculator TI-nspire.

Authors and teachers involved
The authors are teachers and searcher to the INRP and IREM Lyon, Montpellier and Paris, they were involved in 3 teams after experimentation.

Time of experimentation
The article speaks of experimentation during the year 2006/2007.

Students
Grade: six classes of second (10th grade); number of students not defined.

Documentation of teacher
Resources types of scalable, available on the workspace site EducMath: The helicopter, the shortest way, Sangaku, A vo (u) s Paris, l'enseigne, Descartes.

Article Aldon et al 2008, analyse

Objectifs généraux de la publication et public concerné
Analyser l'articulation nécessaire entre apprentissage mathématique et appropriation d'une calculatrice ; s'interroger sur l'évolution des ressources à travers le travail collectif des professeurs. Le public visé est un public de formateurs, d'enseignants et de chercheurs.

Du point de vue recherche
Premières réflexions sur l'intégration d'un environnement complexe, articulant différentes applications de façon dynamique, et permettant une gestion de dossiers.

Du point de vue des mathématiques
De multiples pistes d'exploitation apparaissent : la résolution des exercices banals par papier-crayon apparaît plus riche. La possibilité d'articulation entre plusieurs cadres (géométrique, graphique, algébrique) enrichit les activités mathématiques.

Du point de vue des élèves
Visualisation dynamique des constructions en géométrie ; un engagement des élèves dans la recherche est relevé ainsi que le développement de discussions collectives ; des aspects de motivation apparaissent pour l'apprentissage des mathématiques ; utilisation limitée aux classes de mathématiques ; les opinions des élèves deviennent plus favorables au fur et à mesure de l'expérimentation ;

Du point de vue des professeurs
Partage de ressources et échanges entre enseignants en présence et à distance (mel ou espace de travail) ; les propositions et les réflexions communes enrichissent le rôle de l'enseignant ; gestion commune de problèmes d'appropriation de la machine et de contrôle ; la richesse qu'offre la machine entraîne une complexité des choix des situations d'enseignement et d'apprentissage sur plusieurs plans : choix de la progression, gestion du temps, etc.

Du point de vue de la technologie
Après les premières expérimentations, il est noté que le prototype de la machine demande des améliorations au niveau de l'interface ; la complexité de la machine pose des problèmes d'appropriation ; mise en relation de différents types d'application ; possibilité de projeter l'écran de la calculatrice ; facilité de manipulation de la part des élèves (relevés par les entretiens) ; nouveauté et complexité des commandes.

Du point de vue institutionnel
Des fiches d'évaluation d'apprentissage avec la calculatrice sont conçues par les enseignants engagés dans l'expérimentation ; pas de bénéfice de temps offert par la machine dans le premier temps de l'expérimentation.

Autres résultats et conclusion
L'intérêt du travail collectif dans le monde éducatif ; difficultés des élèves surmontées grâces à l'aide de l'enseignant ; une mise en évidence de l'articulation entre développement de communautés d'enseignants et intégration de nouvelles technologies.

Commentaire sur la publication
Un exemple de la mise en place d'un travail collectif, lié à l'émergence d'un modèle de ressources lié à l'environnement technologique. L'expérimentation de la machine continue en France, en relation avec des recherches dans d'autres pays européens pour l'année 2007/2008.

Article Artigue 2008, résumé

Référence de la publication
ARTIGUE M. (à paraître), L'influence des logiciels sur l'enseignement des mathématiques, contenus et pratiques, *Actes du séminaire DGESCO Utilisation des outils logiciels dans l'enseignement des mathématiques*, février 2007.

Mots Clés
Mots-clés (HS): Calculatrices, logiciel, influence, usages, programme scolaire.

Résumé de l'auteur
Dans cet exposé dédié à l'influence des logiciels et plus généralement des outils informatiques sur les contenus de l'enseignement des mathématiques, j'essaie d'abord de clarifier la question, en précisant comment j'entendrai le terme « influence » dans ce contexte précis. J'essaie ensuite de catégoriser ces influences en revenant sur l'historique des rapports entre logiciels et plus généralement outils informatiques et enseignement et apprentissage des mathématiques. Enfin, dans la dernière partie, j'aborde la question des rapports entre influences potentielles et influences effectives.

Type de la publication
Publication de réflexion générale

Problématique, méthodologie et cadre théorique éventuel
Problématique d'une intégration institutionnelle (contenus et pratiques).
Eléments de cadrage théorique présents : théorie anthropologique (Chevallard, 1992, 1999) ; approche instrumentale (Rabardel 1995) ; jeu des cadres (Douady 1986) ; registres de représentation (Duval 1995).

Environnement technologique
Calculatrice symbolique TI-92 ; logiciel de géométrie dynamique : Cabri-géomètre ; micromonde : Logo ; logiciel de calcul symbolique ; tableurs.

Domaine mathématique
Equations différentielles, études des fonctions, statistiques, construction des triangles.

Auteurs et enseignants impliqués
Michèle Artigue, chercheur en didactique des mathématiques, DIDIREM, IREM, Université Paris 7.

Elèves
Niveau scolaire : collège et lycée (grades 6 à 12), séries scientifique et littéraire ; première année universitaire. Le nombre de classes et d'élèves n'est pas précisé.
Les travaux d'élèves sont présentés sous forme des copies d'écran au cours de l'activité.

Documentation du professeur
Des ressources spécifiques : les ressources tableur du site Educnet pour la scolarité obligatoire ; l'accès à des bases de données substantielles, intégrant ou non des logiciels éducatifs, aide à renouveler l'enseignement (en particulier des statistiques) ; un exemple de construction des triangles par l'environnement Cabri-géomètre (Arzarello & al., 2002).

Article Artigue 2008, summary

Reference of publication

ARTIGUE M. (à paraître), L'influence des logiciels sur l'enseignement des mathématiques, contenus et pratiques, Actes du séminaire DGESCO de février 2007.

Keywords

Keywords (HS): Calculators, software, influence, uses, curriculum.

Abstract

In this talk dedicated to the influence of software and more generally computer tools on the content of mathematics teaching, I try to clarify the issue, indicating how we understand the term "influence" in this context. Then, i try to categorize these influences by returning to the history of the relationship between software and, more generally, tools and teaching and learning of mathematics. Finally, in the last part, I turn to the issue of the relationship between potential influences and effective influence.

Type of publication

Publication of general reflection

"Problematique", methodology and theoretical framework possible

Problematique of an institutional integration (content and practices).

Elements of theoretical framework present: anthropological theory (Chevallard, 1992, 1999); instrumental approach (Rabardel, 1996); jeu de cadres (Douady, 1986); registers representation (Duval, 1995).

Technological Environment

Calculator symbolic TI-92; dynamic geometry software: Cabri-géomètre; microworld: Logo; software of symbolic calculation; tableurs.

Mathematics fields

Differential equations, functions studies, statistics, construction of triangles.

Authors and teachers involved

Michèle Artigue, a researcher in teaching mathematics, DIDIREM, IREM, Université Paris 7.

Students

Grade: high school (grades 6 to 12), scientific and literary series, the first academic year. The number of classes and students is not defined.

Student Work are presented in the form of screenshots during the activity.

Documentation of teacher

Some specific resources: resources of tableur from Educnet site for obligatory education; the access to databases substantial, integrating or not educational software, helps to renew the teaching (particularly in statistics); an example of construction triangles by the environment Cabri-géomètre (Arzarello & al., 2002).

Article Artigue 2008, analyse

Objectifs généraux de la publication et public concerné
Identifier l'influence des logiciels sur l'enseignement, en distinguant entre influence potentielle et influence observée. Conférence pour des enseignants, inspecteurs et chercheurs.

De point de vue recherche
Théorisation des potentialités et des effets des logiciels sur l'enseignement des mathématiques, application et articulation de plusieurs cadres théoriques dans cet objectif.

Du point de vue des mathématiques
En partant d'un exemple, l'auteur note que les possibilités de visualisation des interfaces graphiques permettent de traiter les équations différentielles d'une façon différente de la résolution algébrique : faire sentir aux élèves comment les champs tangents conditionnent physiquement les tracés. Même réflexion dans le domaine statistique. Possibilités offertes par la technologie : réification et manipulation directe des objets mathématiques ; accès à des situations qui ne sont pas directement accessibles à une résolution exacte ou approchée ; rapport différent au savoir (exemple des logiciels de calcul formel et des tableurs).

Du point de vue des élèves
L'auteur étudie l'influence des différents logiciels sur les activités et les apprentissages des élèves : transition d'une appréhension perceptive des figures vers une appréhension géométrique, d'une exploration tâtonnante vers l'élaboration des conjectures et leur contrôle ; rôle du tableur dans la réconciliation des élèves avec l'algèbre surtout en série L.

Du point de vue des professeurs
L'auteur note la nécessité, dans ces environnements, de phases de discussion entre élèves orchestrées par l'enseignant pour soutenir la continuité entre exploration et preuve.

Du point de vue de la technologie
Le passage des logiciels de manipulation par langage de programmation (Logo) aux logiciels de manipulation directe (cabri géomètre) ; les limites de visualisation dans les calculatrices graphiques à un certain zoom.

Du point de vue institutionnel
L'auteur note l'influence certaine des calculatrices sur les programmes (réforme de 1982) ; le rôle des documents d'accompagnement dans ce renouvellement profond au niveau de l'enseignement ; la difficulté de l'appropriation des machines sous-estimées institutionnellement.

Autres résultats et conclusion
L'auteur relève l'insuffisance des ressources, pour les professeurs, spécifiques à ces environnements ; ceci contribue aux décalages observés entre attentes institutionnelles et réalisations effectives ; penser les usages de la technologie dans la durée, la progression dans le temps des connaissances instrumentales et mathématiques ; mettre en place une formation des enseignants qui soutienne des dynamiques d'évolution.

Commentaire sur la publication
Cet article prend en compte l'influence des logiciels sur les mathématiques, l'enseignement et l'apprentissage ainsi que les programmes scolaires, il s'appuie sur un vaste corpus de recherches et ouvre de nouvelles pistes de recherche.

Cédérom Boursey et al 2003, résumé

Référence de la publication
BOURSEY E., NOYARIE D., THOMAS R. (2003), 36 élèves 36 calculatrices, *IREM de Lyon*, cédérom.

Mots Clés
Mots clés (HS) : modèles de calculatrices, contraintes des calculatrices, potentialités des calculatrices, exemples d'utilisations, ressources pour le professeur, usages.

Résumé
Résumé (HS) : la présence de plusieurs modèles de calculatrices rend plus complexe le travail de l'enseignant de mathématiques. Le cédérom veut assister le professeur dans son travail d'intégration. Il propose des fiches spécifiant les caractéristiques de différentes calculatrices et facilitant la mise en œuvre de situations mathématiques dans différents environnements. La publication sous forme de cédérom a pour objectif de faciliter son utilisation par les enseignants.

Type de la publication
Description de produits technologiques.

Problématique, méthodologie et cadre théorique éventuel
Postulat d'amélioration de l'enseignement ; problématique d'une intégration institutionnelle générale ; pas d'éléments de cadrage théorique présent.

Environnement technologique
36 modèles de calculatrice sont présentés, numériques et graphiques, de type : Casio, TI, HP, Sharp.

Domaines mathématiques
Statistiques, fonctions et tracé de courbes, suite, dérivée, intégrale définie et matrices.

Auteurs et enseignants impliqués
Les 3 auteurs sont des animateurs à l'IREM de Lyon, enseignant aux niveaux collège et lycée.

Temps de l'expérimentation
Pas d'expérimentations présentées.

Elèves
On peut tirer en partant des thèmes mathématiques étudiés dans ce cédérom que le niveau scolaire concerné est toutes les classes de lycée et collège. Pas de travaux d'élèves présentés.

Documentation du professeur
Des fiches enseignants existent pour chacun des thèmes traités (cf. domaine mathématique) dans le cédérom : propositions d'utilisation et explications à propos les fiches élèves, précision des contraintes de chaque type de machine pour chacun des thèmes traités. La publication de ce travail sous forme de cédérom rend les fiches accessibles et ajustables par les enseignants suivant les utilisations envisagées et leurs besoins propres.

Cederom Boursey and al 2003, summary

Reference of the publication
BOURSEY E., NOYARIE D., THOMAS R. (2003), 36 élèves 36 calculatrices, *IREM de Lyon*, cédérom.

Keywords
Keywords (HS): models of calculators, calculators' constraints, potential of calculators, examples of uses, resources for the teacher, uses.

Abstract
Abstract (HS): The presence of several models of calculators makes the job more complex for Teachers of Mathematics. The CD-ROM wants to assist the professor in his work of integration. It offers information specifying the characteristics of different calculators and facilitating the implementation of mathematical situations in different environments. The publication in the form of CD-ROM aims to facilitate its use by teachers.

Type of publication
Description technology products.

"Problematique", methodology and theoretical framework possible
Postulancy education improvement; problematique of a general institutional integration; no theoretical frame elements present.

Technological Environment
36 calculator models are presented, and digital graphics, type: Casio, TI, HP, Sharp.

Mathematics fields
Statistics, functions and drawing curves, sequence, derivative, definite integral and matrices.

Authors and teachers involved
The 3authors are animators in the IREM Lyon, mathematics teacher at the high school.

Time of experimentation
No experiments presented.

Students
Can be drawn on the basis of mathematical topics studied in this CD-ROM that the school level is concerned all classes of high school and college. No student work submitted.

Documentation of teacher
the files are available to teachers in each of the subjects treated (cf. mathematics fields) in the CD: proposals for the uses and explanations about the files students, accuracy constraints of each type of machine for each of the topics covered. The publication of this work in the form of CD-ROM makes the files accessible and adjustable by teachers depending on the uses and their own needs.

Cédérom Boursey et al 2003, analyse

Objectifs généraux de la publication et public concerné

Faciliter le travail des enseignants qui intègrent la calculatrice dans leur enseignement des mathématiques malgré la multiplicité des modèles de calculatrices. Donc le public principal concerné est les enseignants de mathématiques.

Du point de vue des mathématiques

L'introduction des calculatrices dans l'enseignement amène à la conception de nouvelles formes d'étude des thèmes mathématiques. Des fiches activités et exercices sont proposées : programmes et valeurs des fonctions, entrée en mémoire et affichage, apprendre à comprendre les programmes internes aux machines qui résolvent équations et systèmes d'équations etc… Ces fiches constituent des modèles de traitement des thèmes mathématiques par une calculatrice.

Du point de vue recherche

Pas d'apport théorique particulier.

Du point de vue des élèves

Ce cédérom permet aux élèves de se familiariser, d'utiliser au mieux les machines, aussi variées soient-elles, dans le but d'enrichir leurs apprentissages en mathématiques.

Du point de vue des professeurs

Les fiches conçues dans ce cédérom veulent faciliter le travail de l'enseignant aux prises avec les différents modèles de calculatrice de ses élèves. Cette diversité entraîne un enrichissement potentiel de l'enseignement des mathématiques : la possibilité d'aborder de différentes façons les thèmes mathématiques.

Du point de vue de la technologie

Le cédérom a pour objectifs de faciliter l'usage de différents types de calculatrices ainsi que d'exploiter leurs différentes fonctionnalités (on trouve par exemple des fiches d'exercices sur la programmation des boucles). Pas de suggestion d'amélioration.

Du point de vue institutionnel

Les fiches élèves conçues pour ce cédérom ont pour objectif de faciliter l'intégration, dans la classe, d'une diversité de matériels prescrits institutionnellement.

Autres résultats et conclusion

Pas d'autres résultats et conclusion.

Commentaire sur la publication

Ce cédérom semble original dans son contenu. Après cinq année de diffusion de ce cédérom publié en 2003, une nouvelle version va paraître en 2008, prenant en compte les modèles de calculatrices développés dans cette période.

Article Caron 2007, résumé

Référence de la publication

CARON F. (2007), Au cœur de « la calculatrice défectueuse » : un virus qu'on souhaiterait contagieux !, *Petit x* 73, 71-82.

Mots Clés

Enseignement des mathématiques, technologie, calculatrice, arithmétique, algèbre, fonctions, représentations.

Résumé

Ce texte présente d'abord un environnement informatique conçu par Gisèle Lemoyne, « la calculatrice défectueuse », en soulignant ses apports didactiques pour l'approfondissement des apprentissages en arithmétique. Il montre ensuite comment les principes didactiques qui sous-tendent cet environnement pourraient être appliqués à d'autre outils de calcul et contribuer tant au développement chez l'élève des connaissances mathématiques et informatiques qu'à un contrôle accru de l'utilisation de ces outils.

Type de la publication

Article de recherche ainsi qu'une description d'un environnement technologique.

Domaine mathématique

Opérations sur les nombres, trigonométrie dans un triangle rectangle, logarithme et exponentielle, études des fonctions, équations et statistiques.

Problématique, méthodologie et cadre théorique éventuel

Postulat d'amélioration de l'enseignement.

Eléments de cadrage théorique : théorie des situations didactiques (Brousseau 1998).

Environnement technologique

Le tableur ; l'environnement informatique d'apprentissage « la calculatrice défectueuse élaborés par Gisèle Lemoyne. Cet environnement fonctionne comme une calculatrice (arithmétique, scientifique et graphique) avec une possibilité de désactivation des touches.

Auteurs et enseignants impliqués

L'auteur est un enseignant chercheur à l'université de Montréal.

Elèves

Niveau scolaire : du 6ème grade au 12ème grade. Pas de productions d'élève présentes.

Documentation du professeur

Des exemples donnés dans cet article qui sont conçus lors de l'exploration de cet environnement dans des différents domaines mathématiques.

Article Caron 2007, summary

Reference of the publication

CARON F. (2007), Au cœur de « la calculatrice défectueuse » : un virus qu'on souhaiterait contagieux !, *Petit x* 73, 71-82.

Keywords

Teaching mathematics, technology, calculator, arithmetic, algebra, functions, performances.

Abstract

This text first sets an environment designed by Gisele Lemoyne, the "defective calculator", pointing out its contributions in furthering educational learning arithmetic. It then shows how the educational principles underlying this environment could be applied to other tools for calculating and so contributes to development in a student of mathematics and computer knowledge that greater control in the use of these tools.

Type of Publication

Research article along with a description of a technological environment.

Mathematics fields

Operations on the numbers, trigonometry in a right-angled triangle, logarithm and exponential functions studies, equations and statistics.

"Problematique", methodology and theoretical framework possible

Postulancy education improvement.

Elements of framing theory: theory of didactical situations (Brousseau, 1986).

Technological Environment

The tableur, and the learning environment "defective calculator" developed by Gisele Lemoyne. This environment works as a calculator (arithmetic, scientific and graphic) with a possibility of disabling buttons.

Authors and teachers involved

The author is a teacher researcher at the University of Montreal.

Students

Grade: from the 6th grade to the 12th grade. No student productions present.

Documentation of teacher

The examples provided in this article that is designed for the exploration of this environment in various fields mathematics.

Article Caron 2007, analyse

Objectifs généraux de la publication et public concerné
Décrire un environnement expérimental « la calculatrice défectueuse » et ses propriétés didactiques, montrer que, avec une certaine règle du jeu (désactivation de quelques touches), les calculatrices pourraient servir à la conception de nouvelles situations d'apprentissage. Le public concerné est : chercheurs et formateurs.

Du point de vue recherche
L'article généralise l'emploi des principes de la calculatrice défectueuse à un ensemble plus vaste d'outils.

Du point de vue des mathématiques
« La calculatrice défectueuse » permet de réinvestir les connaissances sur les nombres ; construire des algorithmes itératifs ; la possibilité d'implémenter la méthode babylonienne pour le calcul des racines ; la compréhension des liens entre plusieurs domaines mathématiques (algébrique, graphique et géométrique).

Du point de vue des élèves
La désactivation des touches que permet cet environnement développe chez l'élève un usage contrôlé de l'outil ; il demande une créativité de sa part, pour qu'il sache résoudre les activités proposées avec un nombre limités de touches autorisées. Cet environnement permet à l'élève de s'engager dans un processus d'adaptation et de coordination des connaissances, en effet le nombre limité des touches nécessite de mobiliser et d'articuler des connaissances dans différents domaines ; la liberté d'action donnée à l'élève lui permet de réfléchir sur ses résultats et de décider de nouvelles actions.

Du point de vue des professeurs
L'enregistrement des traces informatiques possible dans cet environnement permet à l'enseignant de repérer le degré de difficultés des tâches proposées et la richesse des stratégies des élèves, ce qui éclaire ses choix didactiques. Cet environnement conduit l'enseignant à mieux suivre la construction des connaissances des élèves.

Du point de vue de la technologie
Cet environnement permet d'implémenter facilement des algorithmes numériques simples ; il permet l'enregistrement des essais successifs des élèves ; les tableurs ne sont pas conçus en principe pour l'enseignement des mathématiques et ce logiciel a des limites dans ce domaine, on trouve dans l'article une approche qui consiste à contourner d'une façon créative les limites du tableur (fonction ZOOM, QUARTILE).

Du point de vue institutionnel
Pas évoqué dans l'article.

Autres résultats et conclusion
Pas d'autres résultats et conclusion.

Commentaire sur la publication
C'est un article original, dont la validité s'étend hors de « la calculatrice défectueuse » et ses résultats pourraient être mis à profit pour tout environnement : faire appel à la créativité des élèves pour exploiter les limites d'un outil donné, suivre les processus d'appropriation et d'enrichissement de cet outil.

Article Drijvers 2004, résumé

Référence de la publication
DRIJVERS P., VANDEGIESSEN C. (2004), L'intégration des TICE dans l'enseignement des mathématiques : la situation hollandaise, *Ac-Tice* 38, 28-35.

Mots Clés
Mots-clés (HS) : TICE, manuels scolaires, calculatrices, logiciels.

Résumé
Cet article reprend les présentations faites par les auteurs à la conférence ITEM (Intégration des Technologies dans l'Enseignement des Mathématiques, 2003, actes en ligne ne : http://archive-edutice.ccsd.cnrs.fr/ITEM2003/fr/). Il décrit comment l'intégration des TICE dans l'enseignement des mathématiques se développe, pas à pas, aux Pays-Bas, de l'intégration de la calculatrice graphique suscitée par des mesures gouvernementales concernant le baccalauréat, à la description de nouvelles pratiques d'enseignement combinant plusieurs média, qui essaient d'intégrer le manuel traditionnel et les environnements TICE en passant par la distribution d'outils logiciels directement aux élèves, qui a commencé 1998 et qui dépasse le professeur.

Type de publication
Publication de réflexion générale qui présente un état des lieux.

Domaine mathématique
Barycentre, trigonométrie, proportionnalité et fonction linéaire.

Problématique, méthodologie et cadre théorique éventuel
Problématique d'une intégration institutionnelle générale des TIC dans l'enseignement des mathématiques. Pas de cadrages théoriques explicites.

Environnement technologique
Calculatrice graphique : TI-83(+), Casio *cfx*-9850 + ; logiciels : VU-Graphe, logiciel pour analyser les données statistiques, logiciels Java interactifs.

Auteurs et enseignants impliqués
Les auteurs sont de chercheurs néerlandais dans le domaine des TICE, avec une notoriété internationale.

Elèves
Niveau scolaire : collège et lycée.
Les productions d'élèves sont présentes sous forme des copies d'écran (VU-Graphe).

Documentation du professeur
Des ressources spécifiques sont proposées : activité concernant la transformation d'une sinusoïde utilisant VU-Graphe ; exemple d'activité de patron d'un cube intégrant l'outil informatique par la méthode de résolution (Extrait du manuel) ; exercice du barycentre (Extrait baccalauréat scientifique en Pays Bas 2002) ; activité « tirer les ballons » réalisée par le Freudenthal Institut.

Article Drijvers 2004, Abstract

Reference of the publication
DRIJVERS P., C. VANDEGIESSEN (2004), the integration of technology in the teaching of mathematics: the Dutch situation, Tice Ac-38, 28-35.

Keywords
Keywords (HS): TICE, scolar books, calculators, software.

Summary
This article includes presentations by the authors at the conference ITEM in 2003 (act on line http://archive-edutice.ccsd.cnrs.fr/ITEM2003/fr/) . It describes how the integration of technology in the teaching of mathematics grows, step by step, in the Netherlands, from the integration of graphing calculator caused by government measures concerning the high school to the description of the new practice of education combining several media, which try to integrate the traditional manual and environments TICE through the distribution of software tools directly to students, which began in 1998 and which exceeds the professor.

Type of publication
Publication of general reflection that presents an inventory.

Mathematics fields
Barycenter, trigonometry, proportionality and linear function**.**

"Problematique", methodology and theoretical framework possible
Problematique of a general institutional integration of ICT in the teaching of mathematics. No explicit theoretical frameworks.

Technological Environment
Graphing calculator: TI-83 (+), Casio cfx-9850 +; software: VU-Graph, software to analyze statistical data, interactive Java software.

Authors and teachers involved
The authors are of Netherlander researchers in the field of ICT, with an international reputation.

Students
Grade: high school.
The productions of students are present in the form of screenshots (VU-Graph).

Documentation of Professor
Some specific resources are proposed activity on the transformation of a sinusoid using VU-Graph; example of a cube boss of integrating the software tool by the method of resolution (From the manual); exercise of the barycenter (Excerpt of scientific grade 12 in the Netherlands 2002); activity "shoot balloons" created by Freudenthal Institute.

Article Drijvers 2004, analyse

Objectifs généraux de la publication et public concerné
Décrire l'intégration des TICE dans l'enseignement des mathématiques au Pays-Bas.
Le public concerné est les formateurs et les instituteurs.

Du point de vue recherche
Pas d'apport théorique explicite dans cet article.

Du point de vue des mathématiques
Des nouveaux types d'activité qui intègrent l'outil dans la méthode de résolution ; différents types de représentations sont suggérés afin de développer un regard cohérent sur les mathématiques ; l'intégration des calculatrices permet d'accorder plus d'attention à la mathématisation et à l'interprétation des résultats.

Du point de vue des élèves
Les activités guidées dans les manuels, intégrant des logiciels, rendent l'élève plus indépendant du professeur, ce qui permet de développer l'activité hors la classe ; le travail interactif avec les logiciels est motivant pour les élèves.

Du point de vue des professeurs
Les auteurs soulignent la nécessité de cours de formation continue pour les enseignants ; présence de l'enseignant indispensable pour permettre le transfert des compétences TICE vers le papier-crayon et la correspondance entre livre et environnement TICE.

Du point de vue de la technologie
Point faible : la limitation de l'écran de l'écran, donc difficulté de communication (entre élèves et avec la machine). Point fort la portabilité de la machine permet un emploi régulier et facilite l'appropriation de la part d'élève ; pas de suggestion d'amélioration.

Du point de vue institutionnel
Nécessité de : une intégration institutionnelle des calculatrices dans l'enseignement (examens du baccalauréat) ; diffusion de supports numériques accompagnant les manuels ; d'instructions d'utilisation des calculatrices intégrées dans les manuels scolaires ; les cours dans les salles informatiques sont perçus comme une interruption des cours dits normaux.

Autres résultats et conclusion
L'intégration des TICE en Pays-Bas est loin d'être accomplie, des travaux à poursuivre sur plusieurs pistes : articulation entre manuels et TICE, donner un rôle pour les TICE dans les épreuves et les examens (des expérimentations sont mises en place au Pays-Bas), le besoin d'équipement informatique des salles de classe.

Commentaire sur la publication
L'article étudie la situation hollandaise, mais on peut relever les invariants dans les difficultés et les contraintes de l'intégration des TIC dans l'enseignement, au-delà de ce pays. Influence au niveau international, implication de l'auteur dans de nombreux ouvrages de synthèse.

Article Hivon 2006, résumé

Référence de la publication
HIVON L. (2006), Vers une mutualisation de l'utilisation de calculatrice en classe, 13 p., MathemaTICE 1, http://revue.sesamath.net/spip.php?article29.

Mots Clés
Mots-clés (HS) : mutualisation du travail, débat dans la classe, orchestration.

Résumé
Résumé (HS) : cet article se situe dans le cadre de l'expérimentation du dispositif TI-Navigator au lycée. L'auteur présente des situations mathématiques permettant d'exploiter ce dispositif (QCM, fenêtrages multiples, concaténation de données), montre la nouvelle organisation de la classe qu'il suppose (travail individuel, travail en groupe, travail en classe entière). Il met en évidence l'influence de ce dispositif sur l'implication des apprenants dans leur travail et sur le développement d'un débat scientifique dans la classe.

Type de la publication
Description d'un produit technologique/ Compte-rendu d'expérimentation

Problématique, méthodologie et cadre théorique éventuel
Postulat d'amélioration de l'enseignement ; étude interne ; réflexion réduite à une expérimentation.
Eléments de cadrage théorique : approche instrumentale, orchestration (Guin et Trouche 2002)

Auteur et enseignants impliqués
L'auteur est un bon connaisseur des produits TI (a fait un stage à Houston, Texas). Il est responsable de l'équipe INRP-IREM, dont la recherche porte sur l'intégration des TICE au lycée, et qui est à la base de l'article.

Environnements technologique
TI Navigator ; Calculatrices TI 83-Plus ou TI 84-Plus.

Temps de l'expérimentation
Durée totale : de septembre 2005 à juin 2007; Le nombre de séances étudiées n'est pas précisé.

Elèves
Les exemples étudiés dans cet article sont des exemples proposés dans 3 classes : terminale S, et terminale ES (12ème grade, sections scientifiques et économiques) et seconde (10ème grade).
Pas de présentation de travaux ou de résultats d'élèves.

Domaine mathématique
Les fonctions et leurs représentations graphiques.

Documentation du professeur
L'article présente des ressources spécifiques :

- il utilise le travail de Gasquet (Fenêtres sur courbes) pour le fenêtrage et le travail de Remy Coste (Hypothèse n°17) pour la concaténation de données ;
- il propose des activités originales sur ces thèmes, conçues par l'équipe INRP-IREM, exploitant en particulier la possibilité de réaliser des QCM.

Article Hivon 2006, summary

Reference of publication

HIVON L. (2006), Vers une mutualisation de l'utilisation de calculatrice en classe, 13 p., MathemaTICE 1, http://revue.sesamath.net/spip.php?article29.

Keywords

Keywords (HS): pooling work, debate in the classroom, orchestration.

Abstract

(HS) Abstract: This article falls within the framework of the experiment device TI-Navigator in high school. The author presents mathematical situations to exploit this device (QCM, multiple windowing, data concatenation), shows the new organization of the class that requires (individual work, group work, classroom work full). It highlights the influence of this device on the involvement of students in their work on the development of a scientific debate in the classroom.

Type of publication

Description of a technological product / the report of experimentation.

Problem, methodology and theoretical framework possible

Postulancy of education improvement; internal study; reduced to a thought experiment. Elements of framing theory: instrumental approach, orchestration (Guin and Trouche 2002)

Author and teachers involved

The author has a good knowledge of IT products (was placed in Houston, Texas). He is the supervisor for the team INRP-IREM, whose research focuses on the integration of ICT in high school, which is the basis for the article.

Technology Environments

TI Navigator; TI Calculators 83-Plus or TI-84 Plus.

Time experimentation

Total time: from September 2005 to June 2007, the number of meetings addressed is not specified.

Students

Examples discussed in this article are the examples in 3 classes:12th grade, scientific and economic sections and 10th grade. No presentation of the work or performance of students.

Mathematics fields

The functions and their graphical representations.

Documentation of teacher

This article offers specific resources: He uses the work of Gasquet (Windows on curves) for windowing, and the work of Remy Coste (hypothèse No. 17) for the concatenation of data; It offers innovative activities on these themes, designed by the team INRP-IREM; Operator in particular the possibility of realization to QCM.

Article Hivon 2006, analyse

Objectifs généraux de la publication, public concerné
L'article suggère des pistes pour l'exploitation de TI-Navigator et ses modules dans les classes, à destination des enseignants de mathématiques intéressés par les TICE (public de la revue MathémaTICE).

Du point de vue des mathématiques
De nouvelles situations sont proposées, qui exploitent les possibilités de visualisation des courbes (par exemple : recherche de courbes passant par un nombre donné des points et satisfaisants à des contraintes données) et les possibilités de concaténation des données (permettant de mutualiser l'ensemble des résultats proposés par les élèves).

Du point de vue recherche
Pas d'apport théorique particulier dans cet article.

Du point de vue des élèves
Influence positive de TI-Navigator sur la motivation des élèves et leur implication dans le travail : un débat mathématique est toujours présent même sur des thèmes délicats, comme les suites numériques. Les élèves réussissent à traiter les problèmes qui leur sont proposés. On ne peut pas mesurer cependant les apprentissages réalisés sur le long terme.

Du point de vue des professeurs
L'article montre une évolution forte du rôle de l'enseignant rendue nécessaire par cet environnement : concepteur de nouvelles situations mathématiques et chef d'orchestre durant les séances (gestionnaire du dispositif TI-Navigator, régulateur des débats dans la classe). Le travail du professeur apparaît plus complexe et plus riche.

Du point de vue de la technologie
L'article indique les potentialités de TI-Navigator : possibilité d'affichage des écrans des calculatrices des élèves, partage d'un même espace de travail, envoie des réponses sur le PC du professeur. Il montre aussi que l'actualisation de ces potentialités suppose une réorganisation de la classe (par exemple une nouvelle disposition des tables). Pas de suggestions particulières d'amélioration de la technologie.

Du point de vue institutionnel
Questions non traitées dans l'article

Autres résultats et conclusion
TI-Navigator semble pouvoir devenir un instrument permettant de favoriser de nouveaux et nombreux échanges au sein du groupe classe. L'article mentionne cependant la difficulté de l'entreprise et les modifications profondes qu'elle requiert du point de vue du travail du professeur et des organisations didactiques qu'il conçoit et met en œuvre dans la classe.

Commentaire sur la publication
Les résultats précis dépendent évidemment du dispositif en réseau (c'est la seule expérience d'intégration du TI-Navigator en France), mais on retrouve les idées de réorganisation de l'espace-classe et de mutualisation dans d'autres articles sur les environnements de calculatrices. L'auteur a fait un autre article sur ce thème plus tard (Hivon, Péan et Trouche 2008), article plus approfondi, où il évoque aussi une expérience italienne du même type.

Article Moisan 2006, résumé

Référence de la publication
MOISAN J. (2006), Des outils numériques pour l'enseignement des mathématiques. *Dossiers de l'ingénierie éducative* 54, 4-8.

Mots Clés
Mots-clés (HS) : logiciels, calculatrices, usages, évaluation, programmes scolaires.

Résumé
Résumé (HS) :
L'article décrit l'état des lieux de l'utilisation des outils numériques dans l'enseignement des mathématiques. L'usage des logiciels et calculatrices de différents types demande, tout d'abord, une maîtrise des ces outils avant d'apporter, dans un deuxième temps, un enrichissement au niveau du raisonnement, de la résolution des problèmes et de l'apprentissage des mathématiques. L'intégration des outils numériques dans l'enseignement permet de poser des questions sur l'évaluation, l'autorisation de ces outils dans les examens et le type d'épreuve mise en œuvre. L'auteur relève l'évolution qu'ont subie les concours de recrutement des enseignants, dans le sens de la prise en compte de l'informatique dans l'enseignement des mathématiques.

Type de publication
Publication de réflexion générale.

Problématique, méthodologie et cadre théorique éventuel
Problématique d'une intégration institutionnelle générale des TIC dans l'enseignement des mathématiques. Pas de cadre théorique particulier.

Domaine mathématique
Pas de domaine précisé

Environnement technologique
Calculatrices : graphiques et symboliques ; logiciels : tableur-grapheur, logiciel de construction géométrique, logiciel de calcul et traçage.

Auteurs et enseignants impliqués
Jacques Moisan est le doyen du groupe des mathématiques de l'inspection générale de l'éducation nationale.

Elèves
L'auteur cite dans l'article les outils numériques utilisés dans les différents niveaux scolaires, collège et lycée. Pas des travaux d'élèves présentés directement (les travaux des élèves de Luc Trouche sont évoqués, dans une publication antérieure).

Documentation du professeur
Pas de ressources spécifiques proposées par cet article.

Article Moisan 2006, summary

Reference of the publication
MOISAN J. (2006), Des outils numériques pour l'enseignement des mathématiques. *Dossiers de l'ingénierie éducative* 54, 4-8.

Keywords
Keywords (HS): software, calculators, use, evaluation, curriculum.

Abstract
Abstract (HS):
The article describes the status of the use of digital tools in the teaching of mathematics. The use of calculators and software of various kinds demand, first of all, a mastery of these tools before making, as a second step, an enrichment level of reasoning, problem solving and learning mathematics. The integration of digital tools in education to ask questions on the evaluation, the authorization of such tools in the exams and the type of testing implementation. He tracks the evolution suffered the concours for recruitment of teachers, in line with the incorporation of computers in the teaching of mathematics.

Type of publication
Publication of general reflection.

Problematique, methodology and theoretical framework possible
Problematique of a general institutional integration of ICT in the teaching of mathematics. No particular theoretical framework.

Mathematics fields
No clear field

Technological Environment
Calculators: graphical and symbolic; software tableur-grapheur, software of geometrical construction, calculation software and tracing.

Authors and teachers involved
Jacques Moisan is the dean of the mathematics of the General Inspectorate of national Education.

Students
The author quoted in the article the digital tools used in the various levels of education, college and high school. No work of students submitted directly (students' work by Luc Trouche are mentioned in a previous publication).

Documentation of teacher
No specific resources offered by this article.

Article Moison 2006, analyse

Objectifs généraux de la publication et public concerné
Dresser un état des lieux de l'utilisation des outils numériques dans l'enseignement des mathématiques. Repérer les obstacles et les difficultés d'utilisation de ces environnements dans l'enseignement des mathématiques. Le public visé est plutôt les enseignants des mathématiques ainsi que les responsables institutionnels.

De point de vue recherche
Pas de nouveaux apports théoriques dans cet article.

Du point de vue des mathématiques
L'auteur évoque le rôle des outils numériques dans la façon de traiter les thèmes classiques : l'utilisation raisonnée dans l'enseignement des mathématiques d'un logiciel de calcul formel permet de résoudre des problèmes complexes, plus proches de ceux de la vie courante. L'usage du tableur-grapheur peut intervenir dans des exercices de tirage aléatoire et d'échantillonnage. Les calculatrices formelles permettent d'aborder des problèmes « réels » de statistiques. Pas de nouveaux types de problèmes et situations proposées.

Du point de vue des élèves
L'auteur cite dans son article : l'aide qu'offrent les logiciels de géométrie pour l'apprentissage de la démonstration, ceux de géométrie 3D permettent de développer la vision dans l'espace. Les logiciels de calcul formel facilitent la résolution des problèmes complexes.

Du point de vue des professeurs
L'auteur remarque que les concours de recrutement d'enseignants de mathématiques ont évolué avec des objectifs et des modalités différents selon les concours : les environnements informatisés sont pris en compte dans les épreuves de l'agrégation et du CAPES.

Du point de vue de la technologie
La technologie n'est pas analysée dans cet article.

Du point de vue institutionnel
Les calculatrices, en général, sont autorisées dans les examens, mais aucun examen dans l'enseignement au lycée ne prévoit l'utilisation des ordinateurs dans l'évaluation. L'auteur évoque l'expérimentation d'une épreuve pratique des mathématiques qui exploite les ordinateurs pour le baccalauréat et le brevet des collèges.

Autres résultats et conclusion
L'auteur note que les obstacles à l'intégration des TIC dans l'enseignement des mathématiques ne sont pas négligeables : des difficultés d'équipement, des problèmes de formation et d'utilisation de ces outils par les enseignants, l'inadaptation des salles informatiques disponibles dans les établissements pour l'apprentissage des mathématiques.

Commentaire sur la publication
L'originalité de l'article est liée, en particulier, à la position institutionnelle de l'auteur.

Article Trouche 2002, résumé

Référence de la publication
Trouche L. (2002), Les calculatrices dans l'enseignement des mathématiques : une évolution rapide des matériels, des effets différenciés, in D. Guin, L. Trouche (eds.) *Calculatrices symboliques, transformer un outil en un instrument du travail mathématique : un problème didactique* (pp.21-52), La Pensée Sauvage, Grenoble.

Mots Clés
Mots-clés (HS) : calculatrices, évolution des outils, intégration, programmes, manuels scolaires, société.

Résumé
L'apparition d'outils de calculs de plus en plus complexes dans les classes de mathématiques n'est pas une réponse à un besoin de l'institution scolaire : il est la manifestation, au sein de cette institution, d'un phénomène social plus vaste, il vient après l'utilisation, par certaines branches des mathématiques et des sciences, de l'outil informatique. Parmi les différents outils de calcul, les calculatrices ont été prises en compte de manières très diverses par les acteurs de l'institution scolaire : les élèves se les sont approprié rapidement, les considérant comme une aide possible pour leur travail mathématique ; les professeurs hésitent à les intégrer dans leur pratique professionnelle ; les programmes d'enseignement essaient de promouvoir l'utilisation de ces outils. Mais la généralisation des calculatrices pose de nombreuses questions et suscite de vives discussions parmi les associations professionnelles.

Type de la publication
Publication de recherche

Problématique, méthodologie et cadre théorique éventuel
Problématique d'une intégration institutionnelle générale
Eléments de cadrage théorique : intégration et viabilité des objets informatiques (Chevallard 1992).

Environnement technologique
Calculatrices symboliques TI-92, graphiques TI-89 et scientifiques, des logiciels.

Domaine mathématique
Dérivée

Auteurs et enseignants impliqués
Luc Trouche, chercheur en didactique des mathématiques et environnements informatisés d'apprentissage, EducTice (INRP) et LEPS (Université de Lyon).

Elèves
Niveau scolaire : première scientifique (11ème grade), Terminale scientifique (12ème grade). L'article donne des résultats d'une enquête qui a été fait sur 527 élèves (Faure et Goarin 2001). Les travaux d'élèves ne sont pas présents.

Documentation du professeur
Il existe dans l'article un extrait du manuel scolaire qui est un exemple sur la dérivée.
Des types d'exercices possible pour l'évaluation dans des environnements de calculatrices symboliques sont évoqués (Aldon 1997).

Article Trouche 2002, summary

Reference of the publication

Trouche L. (2002), Les calculatrices dans l'enseignement des mathématiques : une évolution rapide des matériels, des effets différenciés, in D. Guin, L. Trouche (eds.) *Calculatrices symboliques, transformer un outil en un instrument du travail mathématique : un problème didactique* (pp.21-52), La Pensée Sauvage, Grenoble.

Keywords

Keywords (HS): calculators, development tools, integration, programs, scolar books, society.

Abstract

The emergence of tools calculations increasingly complex in math classes is not a response to the need for the school as an institution: it is the event, in this institution, a social phenomenon more wide, it comes after the use by certain branches of mathematics and science, the use of computers. Among the different calculation tools, calculators were taken into account in very different ways by actors of the school institution: the students are the appropriate quickly, seeing them as a possible help for their mathematical work; teachers are reluctant to integrate them into their professional practice, teaching curricula are trying to promote the use of these tools. But the widespread use of calculators raises many questions and raises serious discussions among the associations.

Type of publication

Publication of research

"Problematique", methodology and theoretical framework possible

Problematique of a general institutional integration.

Elements of theoretical frameworks: integration and viability of computer objects (Chevallard).

Technological Environment

Calculators symbolic TI-92, TI-89 graphic and scientific software.

Mathematics fields

Derivative

Authors and teachers involved

Luc Trouche, researcher in didactique of mathematics and computer learning environments, EducTice (INRP) and LEPS (University of Lyon).

Students

School level: grade 11(scientific), grade 12 (scientific). The article gives the results of a survey which was done on 527 students (Faure and Goarin 2001). The work of students is not present.

Documentation of teacher

There in the article is an excerpt of the scholar book which is an example on derivatives. Some types of exercises for evaluating possible in environments symbolic calculators are graded (Aldon 1997).

Article Trouche 2002, analyse

Objectifs généraux de la publication et public concerné
Plaider pour la prise en compte des calculatrices par les élèves, les enseignants ainsi que par les institutions éducatives. Le public concerné est les chercheurs et les formateurs.

Du point de vue recherche
L'article décrit l'état des lieux d'une intégration institutionnelle et pose des questions qui fournissent un champ de travail pour les futures recherches.

Du point de vue des mathématiques
La prise en charge des calculatrices demande la constitution d'un nouvel équilibre dans les cours des mathématiques ; facilitation de l'émergence des conjectures, rapidité des calculs ; nouvelles dimensions expérimentales des mathématiques.

Du point de vue des élèves
En 2001, une majorité des élèves de lycée possède une calculatrice graphique ; les élèves s'approprient la machine est sans intervention de l'enseignant ; les calculatrices sont utilisées par les élèves pour vérifier des résultats, accompagner des calculs et peu pour l'apprentissage à cause de leur faible exploitation par les enseignants ; l'intégration des calculatrices par l'enseignant se traduit en général par un cours plus vivant.

Du point de vue des professeurs
Une réticence à utiliser les calculatrices dans les cours (leur conception des mathématiques donne peu de place à l'expérimentation ; ils ont le sentiment d'être remis en cause par la puissance des outils) ; ceux qui font des formations continue en TICE remettent en question leurs pratiques plus que les autres enseignants ; ils doivent penser à une nouvelle organisation des cours ; l'intégration des TICE dans l'enseignement des mathématiques suppose quelle réponde à des besoins exprimés par les enseignants.

Du point de vue de la technologie
Pas précisé dans l'article.

Du point de vue institutionnel
La nécessité sociale des calculatrices apparaît comme une légitimité de leurs intégration dans les programmes ; une modification des programmes et des manuels au cours du temps et une évolution de type d'intégration des outils ; des questions d'évaluation sont posées : comment évaluer ? Quels types d'exercices envisagés dans les manuels ? Des expériences d'intégration sont suscitées par le ministère. Les constructeurs appuient la diffusion de leurs produits (Casio et TI : programmes de recherche, formation des enseignants et parfois équipement des classes).

Autres résultats et conclusion
L'article ouvre des pistes de recherche dans plusieurs directions : l'intégration des outils nécessite de nouvelles orientations des nouveaux programmes, de nouvelles situations mathématiques, de nouvelles pratiques d'enseignement.

Commentaire sur la publication
L'article date de 2002, d'où son intérêt aujourd'hui dans la réflexion sur les évolutions réalisées : au niveau des difficultés posées ainsi qu'au niveau des acteurs institutionnels (élèves, enseignants, institution scolaire).

Article Trouche 2007, résumé

Référence de la publication
TROUCHE L. (2007), Environnements informatisés d'apprentissage : quelle assistance didactique pour la construction des instruments mathématiques ?, in R. Floris, F. Conne (dir.), *Environnements informatiques, enjeux pour l'enseignement des mathématiques. Intégrer des artefacts complexes, en faire des instruments au service de l'enseignement et de l'apprentissage* (pp. 19-38), Bruxelles : De Boeck.

Mots Clés : (HS) Artefact, instrument, instrumentation, instrumentalisation, schème, approche instrumentale, orchestration instrumentale, communauté de pratique, ressources pédagogiques.

Résumé
Après avoir situé la place des *outils* dans la pratique des mathématiques, l'article présente une approche théorique permettant d'analyser l'influence de ces outils sur les processus d'apprentissage : les *instruments* sont définis comme étant *construits* par les élèves, au cours de leur activité mathématique. L'article propose la notion *d'orchestration instrumentale*, prenant en compte la nécessité d'une gestion de tous les outils présents dans l'environnement des élèves pour mettre en œuvre des situations mathématiques.

Type de la publication
Article de recherche.

Problématique et cadre théorique
Questionnement de l'apport des artefacts informatiques en général, des calculatrices en particulier, à l'apprentissage et à l'enseignement des mathématiques.
Eléments de cadrage théorique présents : la théorie des situations (Brousseau 1998), les schèmes (Vergnaud), la viabilité des objets informatiques (Chevallard 1992), l'approche instrumentale (Rabardel 1999), les communautés de pratique (Wenger 1998).

Environnement technologique
Calculatrices TI-92 et SMG (Symbolic Math Guide) développé par Texas Instruments pour guider le travail algébrique des élèves sur les TI-92

Domaine mathématique
Pas de domaine précisé

Auteurs et enseignants impliqués
Luc Trouche, chercheur en didactique des mathématiques et environnements informatisés d'apprentissage, EducTice (INRP) et LEPS (Université de Lyon).

Elèves
Le niveau scolaire : Terminal scientifique (12ème grade), nombre d'élèves non précisé dans l'article. Les travaux d'élèves sont présentés sous forme de copies d'écran au cours de leur activité.

Documentation du professeur
L'article propose : une méthode pour analyser les potentialités et les contraintes des calculatrices ; des configurations (en particulier la configuration d'élève sherpa) pour la gestion didactique des calculatrices dans la classe ; un exemple de situation mathématique conçue par l'auteur pour l'apprentissage de la notion de limite.

Article Trouche 2007, summary

Reference of publication
TROUCHE L. (2007), Environnements informatisés d'apprentissage : quelle assistance didactique pour la construction des instruments mathématiques ?, in R. Floris, F. Conne (dir.), *Environnements informatiques, enjeux pour l'enseignement des mathématiques. Intégrer des artefacts complexes, en faire des instruments au service de l'enseignement et de l'apprentissage* (pp. 19-38), Bruxelles : De Boeck.

Keywords
Keywords (HS): Artifact, instrument, instrumentation, instrumentalisation, scheme, instrumental approach, instrumental orchestration, community of practice, pedagogical resources.

Abstract
After setting up the toolsin the practice of mathematics, the article presents a theoretical approach for analysing the influence impact of these tools on the learning process: the instruments are defined as built by students, during their mathematical activity. This article proposes the concept of instrumental orchestration taking into account the need to manage all of the tools in the environment for students to implement mathematical situations.

Type of Publication
Research article.

"Problematique" and theoretical framework
Questioning the contribution of computing artifacts in general, calculators, in particular, to learning and teaching mathematics.
Elements present theoretical frameworks: the theory of didactical situation (Brousseau 1998), les schèmes (Vergnaud), the viability of computer objects (Chevallard 1992), the instrumental approach (Rabardel 1999), communities of practice (Wenger 1998).

Technological Environment
TI-92 calculators and SMG (Symbolic Math Guide) developed by Texas Instruments to guide the algebraic work of students on the TI-92

Mathematics fields
No clear field

Authors and teachers involved
Luc Trouche, researcher in didactique of mathematics and computer learning environments, EducTice (INRP) and LEPS (University of Lyon).

Students
School level: 12th grade scientific; number of students not defined in the article. Students Works are presented in the form of screenshots during their activity.

Documentation of teacher
This article proposes a method to analyze the potentials and constraints of calculators; configurations (especially the configuring of student sherpa) for the management of calculators in the classroom, a mathematical example of a situation created by the author to learning the concept of limits.

Article Trouche 2007, analyse

Objectifs généraux de la publication, public concerné
Proposer une approche théorique pour comprendre et assister les processus d'apprentissage dans un environnement technologique donné. Le public concerné est les chercheurs ainsi que les enseignants des mathématiques intégrant les TIC dans leur enseignement.

Du point de vue de la recherche
Une nouvelle notion théorique est proposée pour penser l'organisation de l'enseignement dans des environnements technologiques : les orchestrations instrumentales.

Du point de vue des mathématiques
L'article met en évidence le rôle des outils dans le développement des mathématiques ainsi que sur les programmes d'études. D'où la nécessité de concevoir des situations mathématiques qui permettent de tirer partie des outils disponibles.

Du point de vue des élèves
L'étude des processus d'apprentissage dans des environnements technologiques met en lumière la nouvelle complexité du travail des élèves pour s'approprier les outils et réaliser les tâches qui leur sont proposées, d'où la nécessité d'un *accompagnement didactique*. L'article montre l'intérêt d'une orchestration instrumentale particulière : le professeur donne à un élève la responsabilité de manipuler une calculatrice dont les résultats sont projetés sur un grand écran commun. L'élève contribue ainsi au pilotage de la classe, avec le suivi du professeur.

Du point de vue des professeurs
La prise en compte des orchestrations instrumentales entraîne une complexification du travail de l'enseignant dans la classe et pour la conception des situations mathématiques adaptées d'où la nécessité d'un *accompagnement des enseignants* (travail collaboratif avec ses collègues, formation continue adaptée).

Du point de vue de la technologie
L'article met en évidence l'intérêt du paramétrage des calculatrices en fonction d'objectifs de l'enseignant. Ainsi le SMG (Symbolic Math Guide), développé par Texas Instruments, permet de guider le travail algébrique des élèves (résolution pas à pas d'équations, propositions d'un ensemble d'actions algébriques possibles, au choix de l'élève).

Du point de vue institutionnel
L'article montre des exemples de gestion didactique des calculatrices et leur influence sur les temps de l'enseignement et de l'apprentissage. Les *orchestrations* ont un rôle essentiel dans la gestion du temps de la classe.

Autres résultats et conclusion
L'article propose des réponses à la nécessité de l'accompagnement des enseignants : des dispositifs spécifiques pour une formation réellement continue, reposant sur une conception et une mutualisation de *ressources pédagogiques* intégrant des scénarios d'usage.

Commentaire sur la publication
Les résultats obtenus sont généraux, forment un cadre théorique pour la réflexion sur une organisation des enseignements intégrant les TIC.

Article Verdier 2002, résumé

Référence de la publication
VERDIER J. (2002), Les calculatrices n'ont pas toujours raison, un exemple le calcul de $A = 9x^4 - y^4 + 2y^2$ pour x = 10 864 et y = 18 817, *Bulletin de l'APMEP* 440, 293-302.

Mots Clés
Mots-clés (HS) : Calculatrice, calcul approché, capacité de la calculatrice.

Résumé
Quoi qu'en pensent les élèves, les calculatrices n'ont pas toujours raison ! L'objet de cet article est d'analyser les réactions des élèves mis en face de résultats contradictoires, dus à l'incapacité des machines d'effectuer correctement certains calculs.

Type de la publication
Article décrivant une expérimentation et analysant un produit technologique.

Problématique, méthodologie et cadre théorique éventuel
Réflexion réduite à une expérimentation ; pas d'éléments de cadrage théorique présents.

Domaine mathématique
Calcul algébrique et arithmétique.

Environnement technologique
Calculatrices : TI 82, TI 83, TI 83+, TI 85, Casio 9900, Casio 7800, 7900, TI 30X-IIB, TI 30, TI 40, HP 22S, HP 38G, Casio fx92, Galaxy 40, Casio 790P, 850P, 6800, HP 48SX, TI 80, TI 81, Casio 7000G, Casio Graph 20, 25, 30, 35, 60, 65, Sharp 9900. Possibilité de projection d'écran de la calculatrice.

Auteurs et enseignants impliqués
J. Verdier, impliqué dans l'expérimentation décrite, est un professeur membre du réseau Teachers Teaching with Technology (soutenu par Texas Instruments), auteur d'ouvrages indiquant comment profiter au mieux des calculatrices Texas Instruments dans l'enseignement.

Temps de l'expérimentation
L'auteur a expérimenté le problème sujet de l'article de 1995 à 2000.

Elèves
Niveau scolaire : seconde (10ème grade), première scientifique (11ème grade), classe préparatoire aux grandes écoles (collège universitaire), professeur stagiaire ; nombre d'élèves non précisé. Des extraits des copies d'élèves sont présentés dans l'article.

Documentation du professeur
L'article propose un problème qui est inspiré d'un énoncé paru dans un manuel de Première S-E de l'IREM de Strasbourg et reformulé par l'auteur au cours du temps pour être utilisé dans des classes de divers niveaux.

Article Verdier 2002, summary

Reference of publication
VERDIER J. (2002), Les calculatrices n'ont pas toujours raison, un exemple le calcul de $A = 9x^4 - y^4 + 2y^2$ pour x = 10 864 et y = 18 817, *Bulletin de l'APMEP* 440, 293-302.

Keywords
Keywords (HS): Calculator, approached calculation, the ability of the calculator.

abstract
Whatever the students think, calculators are not always right! The purpose of this article is to analyze the reactions of students placed in front of results, due to the inability of machines to perform certain calculations correctly.

Type of publication
Article describing experiments and analyzing a technological product.

"Problematique", methodology and theoretical framework possible
Reflection reduced to an experiment; no elements present theoretical frameworks.

Mathematics fields
Algebraic calculation and arithmetic.

Technological Environment
Calculators: TI 82, TI 83, 83 + TI, TI 85, Casio 9900, Casio 7800, 7900, TI 30X-IIB, TI 30, 40 TI, HP 22S, HP 38G, Casio fx92, Galaxy 40, Casio 790P, 850P , 6800, HP 48SX, 80 TI, TI 81, Casio 7000G, Casio Graph 20, 25, 30, 35, 60, 65, Sharp 9900. Possibility projection screen of the calculator.

Authors and teachers involved
J. Verdier, involved in the experiment described, is a professor network member Teachers Teaching with Technology (supported by Texas Instruments), author of books showing how to get the best Texas Instruments calculator in education.

Time of experimentation
The author has experienced the problem concerning in this article from 1995 to 2000.

Students
Grade: 10th grade, 11th grade, preparatory class for large schools (university college), Professor trainee; number of students not defined. Excerpts of the copies of students are presented in the article.

Documentation of teacher
The article suggests a problem that is based on a statement published in a manual SE First of IREM Strasbourg and rewritten by the author in time for use in classes of different levels.

Article Verdier 2002, analyse

Objectifs généraux de la publication et public concerné

Décrire les limites des capacités calculatoires des calculatrices et analyser les réactions des élèves devant cette situation. Cet article est à destination des professeurs.

Du point de vue recherche

Pas d'apports théoriques particuliers

Du point de vue des mathématiques

La situation mathématique évoquée dans l'article semble nouvelle dans son objectif : mettre en évidence l'incapacité des machines d'effectuer correctement certains calculs.

Du point de vue des élèves

Confrontés à la situation proposée, différents types de raisonnements des élèves sont présents : la majorité des élèves ont perçu que le calcul des grands nombres n'est pas faisable exactement par la calculatrice, de nouvelles compétences calculatoires apparaissent. Une ambiguïté apparaît chez quelques élèves : pour eux, les calculs approchés ne relèvent pas des mathématiques ; le travail en petit groupe et la projection de l'écran d'une calculatrice manipulée par l'élève créent des questionnements et ouvrent un débat en classe.

Du point de vue des professeurs

Nécessité d'une gestion didactique réfléchie des calculatrices et d'une gestion appropriée des débats dans la classe.

Du point de vue de la technologie

Capacité de conservation et mémorisation des chiffres limitée pour toute calculatrice. Une méthode est proposée par l'auteur pour savoir le nombre maximal des chiffres que peut gérer une machine. La gestion des arrondis par la calculatrice peut réserver quelques surprises.

Du point de vue institutionnel

Pas évoqué dans l'article.

Autres résultats et conclusion

Les objectifs de cet article sont atteints. L'article pousse à la réflexion sur les limites des capacités des machines dans des domaines mathématiques autres que le calcul.

Commentaire sur la publication

L'auteur a fait par ailleurs des articles et des études du même type. Les résultats obtenus peuvent être transférables à tous les outils informatiques faisant, par nature, du calcul.

4 - Conclusion

Nous tirons quelques conclusions de cette revue d'articles avec beaucoup de prudence : il s'agit d'inférences à partir d'une sélection d'articles dont nous avons précisé (§ 1) les critères. Ces conclusions devraient donc être confirmées par une confrontation avec un corpus plus vaste.

Après une période d'études focalisées sur *l'intégration* des calculatrices, plus généralement des TIC, dans l'enseignement des mathématiques, notre étude relève une nouvelle centration des articles sur la *conception de l'enseignement* des mathématiques et *l'analyse des apprentissages* dans un environnement où ces outils sont dans un processus de *naturalisation*.

L'hypothèse (cf. préface) que la période étudiée se situe la fin d'une période d'études focalisées sur les calculatrices symboliques et le début d'une focalisées sur les notions de réseau, de travail collaboratif, d'outils nomades, de conception de ressources ou d'artefacts, semble validée par la sélection des articles que nous avons rassemblés. En consultant, par ordre chronologique les mots-clés des publications retenues, on constate une évolution : des expressions *calculatrices* et *usages* (Boursey *et al* 2003) vers celles de *communauté de pratique* et *travail collaboratif* (Aldon *et al* 2008). Cette évolution semble liée à :

- des changements technologiques. On note un processus de complexification des environnements technologiques au cours du temps, comme le note (Artigue 2008), de simples calculatrices scientifiques et graphiques vers des plates-formes qui gèrent des documents (Aldon *et al* 2008) et qui fonctionnent en réseau (Hivon 2006) ;
- des changements institutionnels. Les efforts de légitimation de ces outils dans les institutions scolaires (Trouche 2002) ont cédé la place à une réflexion sur la mise en place d'accompagnement des processus d'intégration (Moisan 2006).

Les 10 publications sélectionnées et analysées nous aident à repérer les recherches faites durant cette période suivant plusieurs perspectives :

Au niveau du domaine mathématique étudié, on peut constater des évolutions. Au début de la période considérée, la géométrie est uniquement étudiée dans des environnements de géométrie dynamique implémentés sur des ordinateurs, tandis que les représentations graphiques (étude des fonctions, équations différentielles) et le calcul formel sont étudiés dans des environnements de calculatrices. A la fin de cette période, l'article Aldon *et al* (2008) propose des problèmes géométriques dans un environnement de calculatrice, les calculatrice TI-*n*spire mettant à disposition un logiciel de géométrie en étroite relation avec les autres applications présentes.

Au niveau de l'apprentissage, les travaux semblent évoluer progressivement, de la prise en main de la machine par les élèves sans intervention de l'enseignant, vers l'accompagnement par l'enseignant de cette appropriation (Boursey *et al* 2003). Les situations mathématiques proposées aux élèves prennent un espace important dans ces études où s'articulent les *contraintes* et les *potentialités* des environnements technologiques avec les réflexions sur les *contenus* des activités proposés. On relève une évolution des études, des activités motivées plutôt par l'utilisation des calculatrices et les capacités des machines (Boursey *et al* 2003, Verdier 2002) vers des activités motivées par les notions mathématiques qu'il s'agit d'enseigner ou d'apprendre en exploitant au mieux les environnements technologiques. Les études insistent sur la possibilité et la nécessité d'un débat dans la classe pour un traitement collectif des problèmes que l'environnement suscite ou facilite.

Au niveau de l'enseignement, les publications mettent en évidence un bouleversement important, du point de vue des pratiques des enseignants dans ou hors la classe. Les études dans ce domaine ont évolué :

- de la nécessité d'une nouvelle réflexion sur les pratiques, à la proposition de mode de gestion des artefacts au service de l'apprentissage, ce que (Trouche 2007) appelle les *orchestrations instrumentales*, en particulier dans le cas des réseaux de calculatrices (Hivon 2006) ;
- la pratique de l'enseignant hors la classe est aussi questionnée, du point de vue de la conception des ressources spécifiques, liée au développement du travail collaboratif dans des communautés de différents types (de communauté de pratique partagée aux communautés plus informelles d'échanges sur le web).

Un rééquilibre émerge au niveau des études et des recherches qui prennent davantage en compte l'enseignement et la pratique enseignante dans les environnements informatisés. Avant cette période, on considère les TIC davantage dans leur relation à l'apprentissage plus qu'à l'enseignement (Artigue 2000). Dans la majorité des travaux, l'apprenant était l'objet principal. On peut observer, au cours de la période considérée, une inflexion des recherches vers l'enseignant et les ressources spécifiques qu'il conçoit, exploite ou mutualise.

De point de vue institutionnel, les problèmes d'équipement sont toujours présents, et peuvent influer sur l'organisation de l'enseignement. Les études soulignent une influence importante de l'intégration des calculatrices sur les programmes et les manuels scolaires, sur les examens et les concours. On relève une évolution du questionnement, de la modification des contenus à enseigner (Trouche 2002) à l'adaptation permanente des situations en fonction de la richesse et la complexité des environnements. Les questions d'évaluation deviennent plus présentes, par exemple l'épreuve pratique du baccalauréat et les concours de recrutement des enseignants (Moisan 2006).

Il est assez intéressant de relever la proximité des points de vue dans les articles analysant la situation en France (Trouche 2002) et aux Pays-Bas (Drijvers 2004), signe à la fois de la proximité des problèmes qui se posent et du développement d'une communauté de recherche sur « calculatrices et enseignement des mathématiques » (Guin et Trouche 2002).

Il est intéressant aussi de voir de quelle façon la considération du *temps* évolue dans cette période, de plusieurs points de vue :

- le temps comme variable à prendre en compte dans les processus d'appropriation des calculatrices. Dans ce sens, on ne trouve qu'un seul article (Aldon *et al* 2008), qui distingue le temps nécessaire à l'appropriation de l'outil et le temps nécessaire à sa mobilisation au service de l'activité mathématique ;
- le temps au sens de « durée d'expérimentation » : la complexification croissante des environnements informatisés exige des durées d'expérimentation qui s'étalent sur des périodes plus longue, pour la conception des dispositifs, des ressources et l'analyse des apprentissages des élèves (Hivon 2006, Aldon *et al* 2008) ;
- le temps du point de vue de l'évolution du corpus des recherches au cours des années, de la réflexion sur une intégration des TIC dans l'enseignement, à un questionnement de l'apprentissage, du rôle et du statut du professeur, de la conception des ressources. Les recherches se diversifient au cours du temps, cela résultant de deux facteurs : d'une part, l'enrichissement des cadres théoriques (voir la rubrique « cadre théorique » des fiches résumé), d'autre part, les outils technologiques qui sont en évolution permanente ce qui exige actualisation permanente de leur une prise en compte de leur rôle dans le système didactique.

On peut noter aussi que, dans la période d'étude (2002-2008), de nouveaux supports numériques se développent : plates-formes de communication à distance (cf. l'expérience SFoDEM, Guin *et al* 2008) ou sites (par exemple le Wiki de l'IREM de la Réunion http – wiki IREM) pour accompagner les enseignants dans la conception de nouvelles ressources. Le cédérom 36 élèves 36 calculatrices (Boursey *et al* 2003) se situe dans ce cadre. On peut noter

aussi que des environnements originaux apparaissent, suscitant la créativité des élèves, qui témoignent d'une nouvelle façon d'aborder les problèmes de contrôle des outils et enrichissent ainsi le concept des calculatrices, comme les calculatrices défectueuses (Caron 2007).

Au cours de notre recherche, de nouveaux champs d'étude apparaissent, qui mériteraient d'être prolongés au-delà de cette synthèse. Il nous semblerait en effet important d'interroger les recherches sur :

- le développement des apprentissages autonomes des élèves avec les calculatrices et les logiciels (quelles situations, quelles évaluations des apprentissages ?) ;
- le changement de conception des mathématiques pour les professeurs (vers une mathématique expérimentale). Comment se situent les nouveaux enseignants dans ces évolutions ? Quelles évolutions des curricula ?;
- quelle articulation entre les environnements TICE et l'environnement papier-crayon, quel rôle des enseignants, quelles situations mathématiques ?
- comment les enseignants combinent-ils une documentation personnelle et une documentation liée à un travail collaboratif ou collectif, avec de nombreux apports de ressources extérieures ?

L'évolution des matériels se poursuit, les études et recherches se développement en relation avec cette évolution, certaines réponses sont trouvées, d'autres questions se posent….

5 - Bibliographie

ALDON G., ARTIGUE M., BARDINI C., BAROUX-RAYMOND D., BONNAFET J.-L., COMBES M.-C., GUICHARD Y., HERAULT F., NOWAK M., SALLES J., TROUCHE L., XAVIER L., ZUCHI, I. (2008), Nouvel environnement technologique, nouvelles ressources, nouveaux modes de travail : le projet e-CoLab (expérimentation Collaborative de Laboratoires mathématiques). *Repères-IREM, 72*, en ligne http://educmath.inrp.fr/Educmath/lectures/dossier_mutualisation/

Artigue M. (dir.) (2000), *De l'analyse de travaux concernant les T.I.C. à la définition d'une problématique de leur intégration à l'enseignement*, rapport au Comité National de Coordination de la Recherche, en ligne http://archive-edutice.ccsd.cnrs.fr/view/edutice-00000373/.

BROUSSEAU G. (1998), *Théorie des situations didactiques*. Grenoble : La Pensée sauvage.

BURILL G. (dir.), ALLISON J., BREAUX G., KASTBERG S., LEATHAM K., SANCHEZ W. (2002), *Handheld Graphing Technology in Secondary Mathematics: Research Findings and Implications for Classroom Practice*, Texas Instruments, U.S.A.

CHEVALLARD Y. (1992), Intégration et viabilité des objets informatiques, le problème de l'ingénierie didactique. In B. Cornu (dir.), *L'ordinateur pour enseigner les mathématiques* (pp. 183-203). Paris : PUF.

CHEVALLARD Y. (1992), Concepts fondamentaux de la didactique : perspectives apportées par une approche anthropologique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 12/1, 77-111.

CHEVALLARD Y. (1999), L'analyse des pratiques enseignantes en anthropologie du didactique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, vol. 19/2, 221-265.

DOUADY R. (1986), Jeux de cadres et dialectique outil-objet. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 7/2, 5-32.

DUVAL R. (1995), *Semiosis et Pensée Humaine*. Paris : Peter Lang.

GUIN D. (dir.) (1999), *Calculatrices symboliques et géométriques dans l'enseignement des mathématiques, Actes du colloque francophone européen*, IREM (Université Montpellier 2), Montpellier.

GUIN D., TROUCHE L. (dir.) (2002), *Calculatrices symboliques : transformer un outil un instrument du travail mathématique, un problème didactique*. Grenoble : La Pensée Sauvage.

GUIN D., JOAB M., TROUCHE L. (dir.) (2008), *Conception collaborative de ressources pour l'enseignement des mathématiques, l'expérience du SFoDEM (2000-2006)*. INRP et IREM (Université Montpellier 2).

LAGRANGE J.-B., ARTIGUE M., LABORDE C., TROUCHE L. (2003), Technology and Mathematics Education: A Multidimensionnel Study of the Evolution of Research and Innovation, in Bishop A.J., Clements M.A., Keitel C., Kilpatrick J., Leung K.S.F. (eds) *Second international handbook of mathematics education, Part 1* (pp. 237-269), Kluwer Academic Publishers.

RABARDEL P. (1995), *Les hommes et les technologies, approche cognitive des instruments contemporains*. Paris : Armand Colin.

RABARDEL P. (1999), Eléments pour une approche instrumentale en didactique des mathématiques. In M. Bailleul (Ed.), *Ecole d'été de didactique des mathématiques* (pp. 202-213). Houlgate: IUFM de Caen.

RABARDEL P., PASTRE, P. (dir.) (2005), *Modèles du sujet pour la conception, dialectiques activités-développement*. Toulouse : Octares.

TROUCHE L. (1994), Calculatrices graphiques, la grande illusion. *Repères-IREM, 20*, 39-55.

TROUCHE L. (2005), Construction et conduite des instruments dans les apprentissages mathématiques : nécessité des orchestrations. *Recherches en didactique des mathématiques, 25*(1), 91-138.

TROUCHE L., FAURE C., NOGUES M., SALLES J. (2008), in Guin D., Joab M., Trouche L. (dir.), *Conception collaborative de resources pour l'enseignement des mathématiques, l'expérience du SFoDEM (2000-2006)*, cédérom, INRP et IREM (Université Montpellier 2.

VERGNAUD G. (1996), Au fond de l'apprentissage, la conceptualisation, in R. Noirfalise, M.-J. Perrin (Eds.), *Ecole d'été de didactique des mathématiques* (pp. 174-185) : IREM, Université Clermont-Ferrand 2.

WENGER E. (1998), *Communities of practice. Learning, meaning, identity.* New York: Cambridge University Press.

Wiki de l'IREM de la Réunion, réalisé par le groupe Mathenpoche

http://irem.ac-reunion.fr/LogicielsLibresIREM/doku.php?id=articles:calculatrices