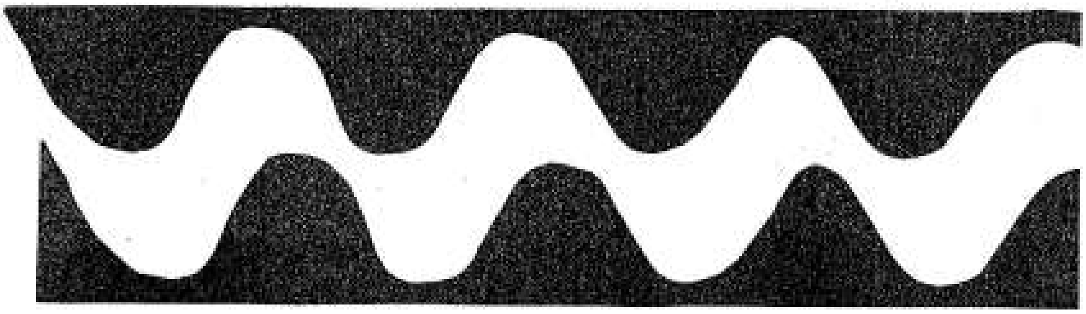
INSTITUT DE RECHERCHE SUR
L'ENSEIGNEMENT DES MATHÉMATIQUES

UNIVERSITÉ DE MONTPELLIER II

L'INTÉGRATION DES CALCULATRICES DANS LA FORMATION INITIALE DES MAÎTRES

PROBLÈMES ET PROPOSITIONS



Rapport de recherche IUFM - MAFPEN

**René Bernard - Christian Faure -
Maryse Noguès - Luc Trouche**

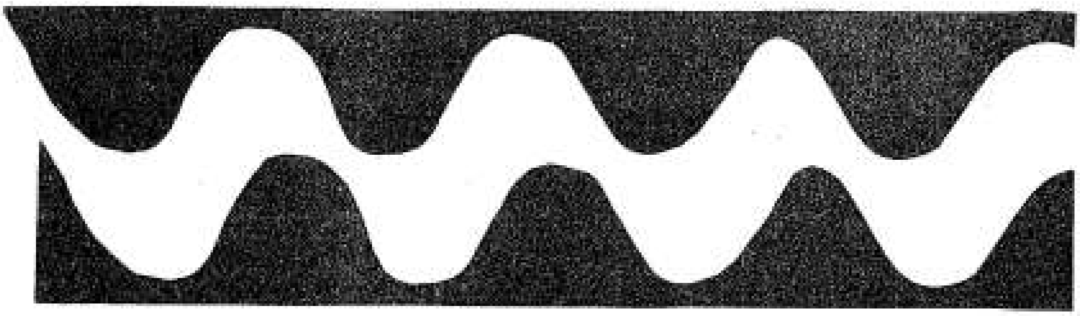
Septembre 1997

INSTITUT DE RECHERCHE SUR L'ENSEIGNEMENT DES MATHÉMATIQUES

UNIVERSITÉ DE MONTPELLIER II

L'INTÉGRATION DES CALCULATRICES DANS LA FORMATION INITIALE DES MAÎTRES

PROBLÈMES ET PROPOSITIONS



Rapport de recherche IUFM - MAFPEN

René Bernard - Christian Faure - Maryse Noguès - Luc Trouche

Septembre 1997

INTRODUCTION

Personne ne peut imaginer aujourd'hui achever sa carrière professionnelle dans les mêmes conditions que celles qu'il a connues dans ses débuts .

Cette relative banalité, censée décrire la rapidité des évolutions techniques et sociales, prend un caractère beaucoup plus aigu quand elle s'applique aux conditions d'exercice du métier de professeur de mathématiques : un double mouvement de généralisation et de sophistication croissante des outils de calcul semble remettre en question une partie essentielle des attributions de ce professeur (apprendre à réaliser des opérations numériques -compter- ou symboliques -dériver, intégrer...-).

Modification des contenus à enseigner, mais aussi modification des rôles des différents protagonistes dans la classe : le maître n'est plus le détenteur unique du savoir, les calculatrices des élèves ont aussi leur propre "point de vue".

Après avoir été une discipline imposant à la société ses propres rythmes, ses propres réformes (on se souvient de celle des "mathématiques modernes"), les mathématiques subissent de plein fouet les conséquences d'une évolution sociale très profonde, qui prête à **l'image** un **pouvoir d'explication suprême** et à **la machine** un **pouvoir d'action absolu**.

Le professeur de mathématiques peut subir cette évolution ou tenter de la maîtriser. En apprenant aux élèves à contrôler les outils de calcul, à les intégrer dans une stratégie générale de résolution des problèmes, il dépasse les nécessités des apprentissages élémentaires, pour une formation beaucoup plus profonde : il s'agit de redéfinir un rapport au monde, à sa représentation et à sa tranformation. En fait le professeur de mathématique redevient géomètre...

Mais ces mutations nécessitent une formation particulière. On le sait, **plus les conditions d'exercice professionnel sont destinées à évoluer, plus la formation initiale doit être approfondie**.

La recherche que nous avons entreprise a pour but de faire un état des lieux, de cerner les problèmes posés par l'intégration des outils de calcul, d'avancer quelques propositions. Il s'agit de pistes qu'il faudra sans doute explorer plus avant. Toute recherche en appelle d'autres !

Luc Trouche, responsable de l'équipe de recherche,
René Bernard, Christian Faure, Maryse Noguès.

Les quatre auteurs de ce rapport appartiennent à l'équipe Analyse de l'IREM de Montpellier ; ils enseignent au lycée Gérard Philipe de Bagnols (R. Bernard), au lycée Louis Feuillade de Lunel (M. Noguès) et au lycée Joffre de Montpellier (C. Faure et L. Trouche). L. Trouche fait partie de l'équipe ERES (Université Montpellier II).

<u>Répertoire des sigles</u>

CRDP : Centre Régional de Documentation Pédagogique ;
DISTNB : Direction de l'Information Scientifique, des Technologies Nouvelles et des Bibliothèques ;
ERES : Etudes et Recherches sur l'Enseignement Scientifique ;
IPR : Inspection Pédagogique Régionale ;
IREM : Institut de Recherche sur l'Enseignement des Mathématiques ;
IUFM : Institut Universitaire de Formation des Maîtres ;
MAFPEN : Mission Académique pour la Formation des Personnels de L'Éducation Nationale.

REMERCIEMENTS

Ce travail se situe dans le cadre d'un contrat de recherche avec la MAFPEN et l'IUFM de Montpellier. Nous avons ainsi bénéficié pour cette recherche, pendant deux ans, de moyens horaires de la MAFPEN (1 HSA pour chacun des membres de notre équipe) et d'un budget de 10000 F attribué par l'IUFM. Nous tenons donc à remercier Monsieur Abenoza, directeur de l'IUFM, Monsieur Bonnard, chef de la MAFPEN, et Monsieur Dusseau, professeur à l'IUFM, responsable du conseil scientifique, membre de l'équipe ERES.

Cette recherche a été facilitée aussi par l'aide de la DISTNB (Ministère de l'Education Nationale) qui a permis le suivi d'une expérience d'intégration de calculatrices symboliques dans une Terminale Scientifique et par l'aide du CRDP de Montpellier qui a prêté à cette classe un lot de 40 calculatrices symboliques. Cette recherche a été possible grâce à l'aide matérielle de l'IREM de Montpellier (locaux pour les réunions, matériel informatique et de reprographie). Merci donc à Madame Hirlimann (DISTNB), Monsieur Gaspari (directeur du CRDP), Madame Guin (directrice de l'IREM).

Il nous faut remercier enfin les IPR de mathématiques, Thierry Murgier et Daniel Boutté, qui ont permis que nous suivions, comme tuteurs ou conseillers pédagogiques, des professeurs stagiaires. Merci aussi aux professeurs de l'IUFM, Alain Lerouge et Alain Bronner, qui nous ont permis de suivre la formation de près. Merci enfin aux professeurs stagiaires eux-mêmes qui ont bien voulu subir questionnaires et observations dans les classes.

Nous espérons toutefois que l'expérience vécue par ces derniers leur sera utile pour leur insertion professionnelle. En ce qui nous concerne en tous cas, nous achevons ce cycle de deux ans de recherche avec le sentiment d'avoir beaucoup appris... et d'avoir encore beaucoup à comprendre.

TABLE DES MATIÈRES

Chapitre I

Le cadre théorique

INTRODUCTION

La recherche s'est déroulée pendant deux ans, qui correspondent à deux étapes. La forme de ce rapport en porte la trace. Dans ce premier chapitre, on trouvera :

- le projet de recherche que nous avions déposé auprès de la MAFPEN et de l'IUFM en Juin 1995, qui constitue la base du contrat qui nous engage ;

- l'exposé introductif fait devant les stagiaires PLC2 (professeurs de lycée et collège en deuxième année de formation) en Novembre 1995 qui précise notre point de vue sur le travail "en environnement calculatrice" ;

- la conclusion de la première année de recherche qui constitue en fait une réorientation pour l'année suivante.

I.1. Le projet initial de recherche (Juin 1995)

C'est une situation paradoxale qui prévaut aujourd'hui quant à l'enseignement des mathématiques dans les collèges et lycées. De plusieurs points de vue :

- alors que les élèves ont à leur disposition des outils de calcul - les calculatrices à "écran graphique" - de plus en plus performants, rien n'est fait pour la prise en compte de ces outils. Ni dans les programmes, ni dans les pratiques professionnelles des enseignants. On peut ainsi dire que les calculatrices, à la différence du compas, de la règle à calcul, ou des anciennes "tables de valeur numériques", n'ont pas de statut reconnu dans la classe ;

- alors que, dans la société en général, tout concourt à mettre en valeur les représentations graphiques, et que les calculatrices sont un moyen technique privilégié pour cela, cet aspect reste négligé dans le cours de mathématique ;

- alors que, dans les disciplines scientifiques, tout est mis en oeuvre pour promouvoir une démarche expérimentale, et que celle-ci est rendu possible en mathématiques par des machines pouvant initier un processus de "preuves et réfutations", cet aspect demeure largement inexploité dans la pratique.

On pourrait multiplier les remarques illustrant cette situation : dans une société où les "étranges lucarnes" ont pris, sous différentes formes, une place importante, les mathématiques, peut-être prises de vertige après des réformes successives et contradictoires, avancent les yeux fermés.

Quelques idées reçues...

Notre équipe de recherche, constituée au sein de l'IREM de Montpellier depuis deux ans, a engagé une recherche sur les conséquences, pour l'enseignement de l'analyse, de la non prise en compte par l'institution scolaire des outils de calcul à la disposition des élèves. Notre recherche allait à contre courant d'un certain nombre d'idées dominantes il y a encore peu :

1. Les calculatrices seraient spontanément utiles pour l'apprentissage

C'est l'idée développée par les ouvrages de promotion publicitaire de ces outils :

"Ces matériels permettant un regard nouveau (parce qu'immédiat) sur des êtres ou des concepts mathématiques [1]
Assurez en math.... avec votre calculatrice graphique TI-82" [2]

Malgré de réels progrès dans la proposition pédagogique de séances de travail avec les calculatrices (comme en témoigne la publication de revues spécialisées au titre évocateur -"Hypothèses" pour Texas Instruments), le point de vue qui transparaît dans ces productions est celui de la convivialité naturelle des calculatrices, de la dynamique quasi automatique d'observation et d'expérimentation qu'elles engendrent dans une classe :

---

[1] Ferrand, M, *Courbes et graphiques*, Casio, Noblet Editeur,
[2] Vagost D., Verdier J., 1993, *TI-82*, *Mathématiques au lycée*, Texas Instruments, Dunod.

"Ce livre propose d'aller plus loin, et d'aborder une étape nouvelle : rassembler élèves et enseignants autour du plaisir neuf de l'observation et de l'expérimentation mathématiques, grâce aux étonnantes possibilités, notamment de représentation graphique des calculatrices de nouvelle génération..." [2].

L'illusion est que l'outil apporte - en soi - un progrès pour l'apprentissage :

"Les expériences menées... montrent que les élèves apprennent à résoudre des équations plus rapidement et plus efficacement dans un environnement informatique qu'en environnement papier-crayon [3]*."*

2. Les calculatrices créeraient naturellement les conditions d'un débat scientifique

C'est le point de vue en particulier de la production américaine :

"The teaching and learning of traditional topics can be improved with the full use of technology... Computer and calculator based technology can turn the classroom into a mathematics laboratory. Technology gives rise to interactive instructional models that permit a focus on problem solving and encourage generalizations based on strong geometric evidence. The new instructional approaches possible with the use of technology makes teachers and students active partners in an exciting, rewarding, enjoyable, and intensive educational experience" [4].

Cette perspective a d'autant plus d'impact aux USA qu'elle se situe dans une tradition mathématique bien établie au collège : peu d'importance donnée à la démonstration, beaucoup d'importance donnée à la manipulation des objets. Le mérite de cette production est (à la différence des productions des fabricants citées ci-dessus) d'avoir mis en place une progression intégrant ces outils, mieux une progression à partir de ces outils [5] Les exercices proposés sont souvent stimulants, mais cela suffit-il ?

"The mathematics classroom is transformed into a mathematics laboratory, with a new interactive instructional approach that focuses on problem-solving. As a natural outgrowth of this excitement, students complete the course with a better understanding of mathematics and a solid intuitive fondation for calculus" [4].

On ne peut s'empêcher de déceler dans ces propos une certaine naïveté (le caractère interactif du cours n'est pas une condition suffisante de son "efficacité"), et on peut s'interroger sur "la solide fondation intuitive" que cela donne pour l'analyse.

3 Les calculatrices, "outil pédagogique"

C'est l'idée qui a été développée dans la plupart des productions du Ministère de l'Education Nationale en France. L'ordinateur, ou la calculatrice, dès lors qu'ils sont pris en compte dans la démarche d'enseignement,

"sont des outils... aidant à mettre en oeuvre ces différents aspects (...) : proposer des approches diversifiées, plus individualisées afin de permettre à tous les élèves d'acquérir, d'approfondir et d'enrichir leur formation mathématique, et

---

[3] Kutzler, B, 1994, *Derive, l'avenir de l'enseignement des mathématiques*, The International Derive Journal, Plymouth.
[4] Demana, Waits, Vonder, Embse, Foley, 1992, *Graphing Calculator and Computer Graphing Laboratory Manual* , Addison-Wesley USA.
.[5] Demana, Waits, Clemens, 1992, *College Algebra & Trigonometry A Graphing Approach* , Addison-Wesley USA

d'autre part faire intervenir simultanément, le plus souvent possible, des parties diverses du programme afin d'en faire ressortir l'unité" [6].

Notre problématique

Nous pensons que les choses ne sont pas si simples.

- Les calculatrices n'apportent pas en soi un progrès pour l'apprentissage.

Leur manipulation non maîtrisée pose de nombreux problèmes aux élèves, en particulier dans le domaine de l'analyse, science du calcul infinitésimal. Quelle idée les élèves se font-ils de la notion de "limite", alors que, par nature, les notions d'infini échappent aux machines qu'ils manipulent ?

- Les calculatrices n'engendrent pas une dynamique naturelle de débat scientifique dans la classe.

Il y a un nouvel équilibre à créer entre conjectures, preuves et réfutations, sous peine de sombrer dans l'angélisme de l'expérimentation dénoncée jadis par Bachelard [7], ou dans la fascination des écrans dénoncée plus récemment par R. Debray [8].

- Les calculatrices ne sont pas des "outils pédagogiques" en soi.

Leur utilisation n'apporte en soi aucune information sur les nombres, ou les fonctions par exemple. Par contre ce sont des auxiliaires de résolution de problèmes... à condition que les problèmes s'y prêtent !

Premières pistes de travail

Notre recherche s'est, dans un premier temps, orientée dans trois directions.

- Les élèves eux mêmes.

Nous avons, par le biais d'enquêtes, essayé de cerner les modifications des notions construites, suite à la manipulation des calculatrices. Ces premières recherches nous ont convaincus que l'utilisation des calculatrices graphiques pouvait renforcer les obstacles déjà repérés par les travaux de didactique[9], et freiner l'acquisition des concepts en cause.

- Le renouvellement des pratiques d'enseignement

Yves Chevallard [10] évoque très précisément ce problème : il y a des "permanences didactiques", des problèmes propres à l'enseignement et à l'apprentissage, que les technologies nouvelles ne peuvent pas contourner. Les prendre en compte suppose, en plus des matériels et des logiciels, de s'intéresser à un "système d'exploitation didactique" de ceux-ci. C'est ce que nous avons tenté de faire, en produisant des ouvrages visant à prendre en compte à la fois les problèmes posés par les nouveaux

---

[6] M.E.N., 1993, Faire des mathématiques au lycée avec l'ordinateur, DLC 15.

[7] Bachelard, 1938, La formation de l'esprit scientifique : *Au spectacle des phénomènes les plus intéressants, les plus frappants, l'homme va naturellement avec tous ses désirs, avec toutes ses passions, avec toute son âme. On ne doit donc pas s'étonner que la première connaissance objective soit une première erreur.*

[8] Debray, R, 1992, *Vie et mort de l'image, une histoire du regard en Occident*, Gallimard : *Magie et image ont même lettre, et c'est justice.*

[9] L'obstacle géométrique, qui consiste à confondre la fonction et la courbe qui la représente, l'obstacle monotone, qui consiste à confondre étude locale, et étude globale. Voir sur ces points les travaux de Bernard Cornu ou d'Aline Robert (cf. bibliographie).

[10] Chevallard Y., 1992, *Intégration et viabilité des objets informatiques dans l'enseignement des mathématiques*, in L'ordinateur pour enseigner les mathématiques, PUF.

outils (en particulier à réduire un certain nombre d'obstacles repérés), et les nouvelles potentialités.

- Les professeurs.

Dans des stages de formation organisés sous l'égide de la MAFPEN, nous avons essayé de promouvoir la prise en compte des nouveaux outils de calcul. Nous avons pu mesurer la difficulté de modifier des pratiques professionnelles déjà bien ancrées. En plus des difficultés d'adaptation à un nouveau cadre de travail, il faut assumer une remise en cause difficile : les nouveaux outils de calcul, en faisant rapidement ce dont le maître avait auparavant l'exclusivité, déplacent le champ des compétences.

Une hypothèse

Ceci a renforcé une idée que nous avions déjà au départ de notre recherche : la formation initiale des maîtres, en donnant une place importante à la prise en compte des nouvelles technologies, peut jouer un rôle très important. Les nouveaux enseignants, arrivant dans les collèges et les lycées, peuvent jouer un rôle moteur pour le renouvellement des pratiques professionnelles. D'autant que nous ne sommes aujourd'hui qu'à l'orée d'un bouleversement beaucoup plus important des conditions d'enseignement : dans quelques années, ce sont des ordinateurs portables que chaque élève aura dans sa poche. Dès l'année prochaine, une même calculatrice (TI-92 de Texas Instruments) disposera d'un logiciel de calcul formel (Derive) et d'un logiciel de géométrie (Cabri).

Nous voulons donc, dans le cadre de ce projet de recherche avec la MAFPEN et l'IUFM, réfléchir aux modalités de cette intégration :

- mise en place de séances de formation pour les élèves maîtres ;
- mise en place de séquences de cours pour les classes ;
- réalisation de ces séquences dans des classes sous la responsabilité des stagiaires, dans les classes d'observation (avec la collaboration des conseillers pédagogiques), dans nos propres classes ;
- évaluation auprès des élèves de l'effet de ses séances, et comparaison avec des classes témoin ;
- réalisation d'une brochure reprenant tous ces éléments.

Ce projet permettrait d'instituer une collaboration entre une équipe déjà engagée dans un processus de recherche, l'IUFM et la MAFPEN. Nous pensons que cette collaboration pourrait être fructueuse.

Ce projet a été déposé en Juin 1995. Comme on peut le lire ci-dessus, il se situait à un moment charnière de l'évolution des outils de calcul :

- en 1995, les calculatrices graphiques étaient les seuls outils à disposition des élèves - et des maîtres - dans les lycées ;
- à partir de 1996, les calculatrices "symboliques" font leur apparition.

C'est d'ailleurs à partir de ce type d'instrument que seront organisées par les stagiaires les activités dans les classes que nous avons observées (cf. chapitres IV et V).

I.2. Questions didactiques relatives à l'utilisation des calculatrices graphiques

Exposé fait par Luc Trouche pour les PLC2 à l'IUFM de Nîmes le 6 Novembre 1995, et à l'IUFM de Montpellier, le 27 Novembre 1995. Il s'agit là d'un résumé.

En introduction, une petite histoire [11] :

C'est l'histoire d'un pays dans lequel personne ne disposait de livre.
Ainsi les professeurs étaient les dépositaires exclusifs du savoir. Les professeurs de mathématiques, entre autres, étaient passés maîtres dans l'art de transmettre leurs connaissances à leurs élèves. Certains étaient devenus des virtuoses de la dictée des théorèmes, et les cahiers de leurs élèves étaient de vraies merveilles d'ordre et de méticulosité. De temps en temps, le maître organisait un long voyage, pour aller voir dans un musée un livre, et alors les élèves avaient tout loisir de comparer l'ouvrage de référence avec leurs propres productions.
Et puis, un jour, une révolution éclate. Il est décidé que tout le monde, les maîtres comme les élèves, disposera d'un livre. De grandes polémiques divisent alors le pays. Les professeurs de mathématiques se sentent menacés dans leur identité même : à quoi serviront-ils si le texte du savoir est donné par ailleurs ? Les pédagogues en général s'interrogent : les élèves sauront-ils faire le tri dans ce que le livre leur propose, entre ce qui est pertinent, à un moment donné, et ce qui ne l'est pas ? La société elle-même est perplexe : à quoi finalement sert l'école, si tout est donné par les livres ?
Fin de la parabole, et retour à la réalité. On remplace livre par calculatrice, et on retrouve l'essentiel des débats qui ont agité et agitent toujours la communauté des professeurs de mathématiques...
Ce que je vais montrer ici, c'est que, pas plus que le livre, la calculatrice ne remplace le professeur de mathématiques... Mieux, pour que son utilisation prenne sens pour l'élève, il faut que cet outil soit intégré par le professeur dans son enseignement, au même titre que la règle et le compas à une époque, la table de calculs numériques à une autre époque, ou la règle à calculs.
J'aborderai successivement quatre questions :
- où en est l'intégration des outils de calcul dans la classe ?
- quelles sont les conséquences d'une utilisation "privée" des calculatrices ?
- comment expliquer ces effets ?
- comment intégrer les calculatrices dans le cours de mathématiques ?

Intégration, quid ?

La quasi-totalité des élèves en TS, une bonne majorité des élèves en 1ère, disposent désormais d'une calculatrice graphique, et en font une utilisation assez systématique. Et ceci, au moment où ils découvrent le calcul infinitésimal.
Il est tout à fait frappant de voir que l'apprentissage de cet outil de calcul se fait en dehors du maître (cf tableau 1 ci-dessous).
Du côté du maître, même s'il existe le sentiment que la généralisation des calculatrices va changer quelque chose, les cours eux-mêmes ont peu évolué, et des exercices spécifiques très rarement (ou jamais) donnés (cf. tableau 2 ci-dessous).
L'explication de cet état de choses est assez simple sans doute : l'institution scolaire est assez lente à prendre en compte des évolutions technologiques - ou sociales - profondes, et les maîtres n'ont pas l'habitude d'anticiper sur les évolutions

---

11 Histoire reprise de l'exposé de Colette Laborde lors de l'Assemblée générale de l'APM, à Grenoble (Octobre 1995).

institutionnelles. Ainsi les programmes de TS entretiennent une fiction ("les calculatrices graphiques ne sont pas imposées"), et les professeurs font le gros dos [12].

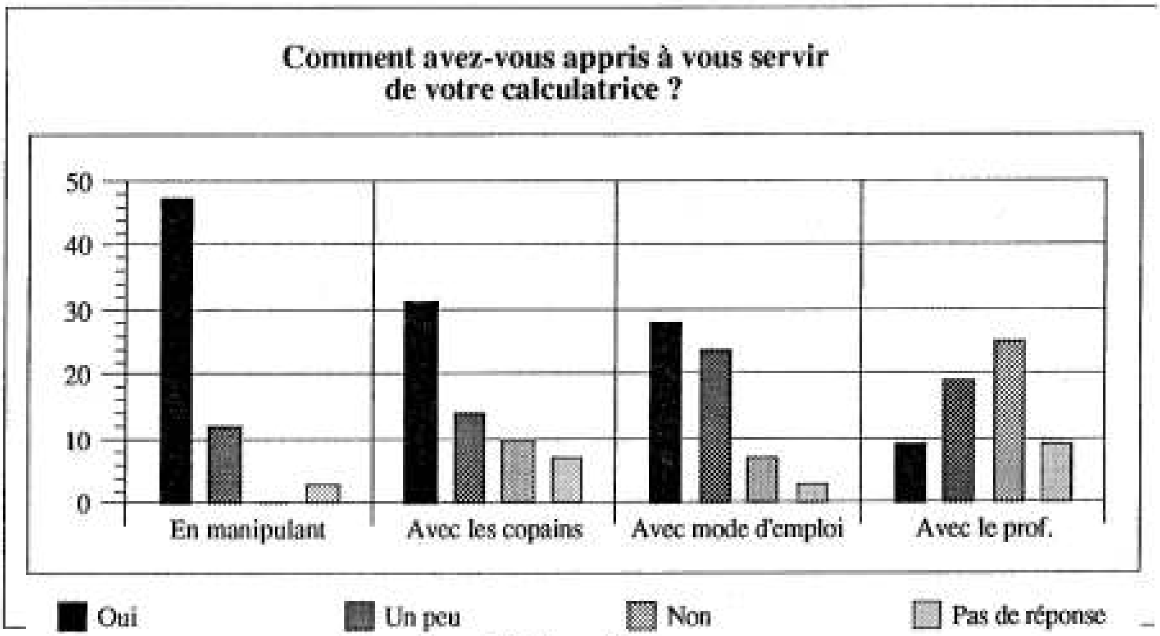


Tableau 1

(70 élèves de 1ère S interrogés, résultats donnés en effectif des réponses)

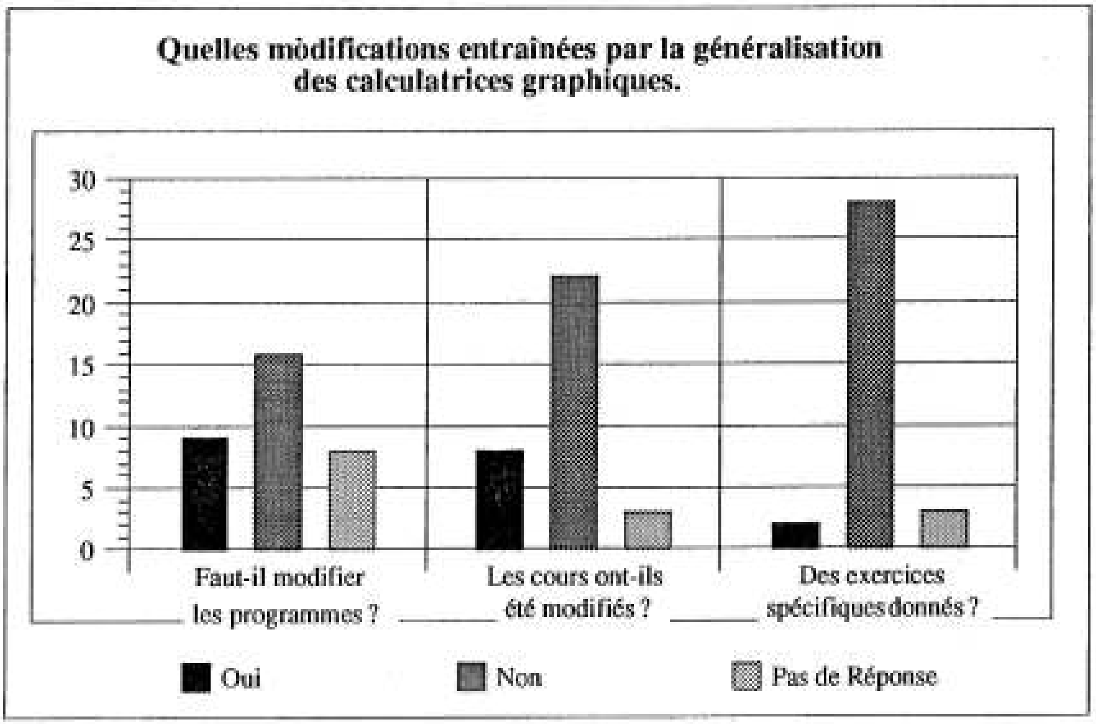


Tableau 2

(33 professeurs de math. en 1ère S interrogés, résultats en effectif des réponses)

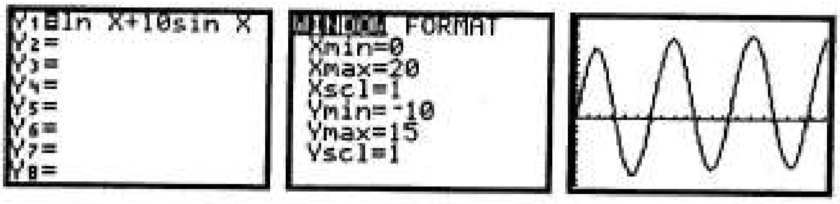
12 Sur ces points, voir Trouche, 1992, *Calculatrices graphiques, statut pour l'élève, statut pour le maître*, DEA de didactique, Montpellier II.

Non intégration de l'outil : conséquences ?

Sont évoqués ici les résultats d'une enquête passée en Mars 1995 en Deug A et en TS, chaque population (environ 100 élèves dans chaque cas) étant partagée entre élèves composant avec, et élèves composant sans, calculatrice. Les résultats [13] sont éloquents : ainsi, à la question, "La fonction lnx + 10 sinx a-t-elle pour limite +∞ quand x tend vers +∞ ? " , les réponses "non" se répartissent ainsi (en pourcentage) :

	Avec calculatrice	Sans calculatrice
TS	25	0
DeugA	20	0

Il y a un effet certain de l'utilisation de la calculatrice sur ses réponses. On pourrait bien sûr objecter qu'il ne s'agit là que de l'impact de l'image de la fonction que renvoie la calculatrice, qui est certes, pour un novice, assez troublante...



Cependant, les effets de la calculatrice ne s'arrêtent pas là : l'enquête montre que les élèves avec calculatrice utilisent davantage des procédures d'étude de limites liées aux variations de la fonction, et beaucoup moins des procédures liées à des majorations, ou minorations. Ainsi on peut penser que l'utilisation par les élèves de la calculatrice graphique va peser pour renforcer des modèles de limites assez primitifs : l'idée qu'une fonction tendant vers +∞ est une fonction qui prend de grandes valeurs, ou des valeurs de plus en plus grandes.

Quelles pistes d'explications des problèmes rencontrés

<u>Ces difficultés sont dues pour partie à la représentation des nombres et des fonctions par une calculatrice</u> : drôle d'outil pour étudier les fonctions réelles qu'une machine pour laquelle tout nombre a un successeur...

Mieux, une machine telle que, entre deux nombres différents et leurs successeurs, il n'y a pas nécessairement le même écart : ainsi, le nombre qui suit 0 est (à peu près) 10^{-99}. Mais le nombre qui suit 10 est 10, 000 000 000 001. Pas simple, de construire la notion de "voisinage d'un point" dans un tel contexte [14]...

Cette discrétisation du continu a des effets spectaculaires bien connus pour la représentation graphique des fonctions, comme on le voit ci-dessous pour la fonction sinus, observée entre $\frac{\pi}{3}$, et $\frac{\pi}{3} + 94\text{x}2\pi$. Comme la calculatrice TI-82 a 95 colonnes de pixels, la fonction apparaît comme constante.

[13] On en trouvera une analyse plus détaillée dans les Actes du Colloque Inter-Irem d'Analyse, Jussieu 1995, publiés par l'IREM de Nice.

[14] cf. [Bernard et alii, 1995 b].

Ces problèmes sont amplifiés par le poids propre de l'image produite par l'écran. Il n'y a pas les mêmes caractères réducteurs et producteurs de l'image "papier/crayon" et de l'image "clavier/ écran". L'image de l'écran est multiple, volatile. Atout pour les "bons" élèves, qui reconstituent comme un puzzle les différentes vues d'un même objet, difficulté pour les autres, pour lesquels une image chasse l'autre. L'image papier/crayon est statique, réside dans un contexte de cours. C'est un des "représentants" de la fonction. L'image clavier/écran, détachée de tout contexte d'enseignement, "profite" du rôle de concrétisation très puissant de l'écran. Ce n'est plus une représentation graphique de la fonction, cela en devient la présentation, avec tous les effets possibles de contagion de l'objet présenté par la machine sur l'objet mathématique lui même.

A contextes différents, gestes différents. Les observations des élèves en action dans la résolution de problèmes sont assez éclairantes. Avec une calculatrice, moins de prise de note, moins de retour au cours, moins d'action sur une courbe donnée (si une courbe ne donne pas satisfaction, on en change). C'est le règne du prêt à penser, du prêt à jeter. Le temps perd de son épaisseur, le recul de son intérêt.

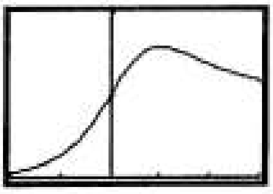
De sérieux problèmes à prendre en compte par l'enseignant... qui ne doit pas attendre de l'évolution des matériels une résorption des difficultés. Ainsi l'arrivée sur le marché de calculateurs formels comme les TI 92 ne fait que déplacer les problèmes : ces nouvelles calculatrices font certes des calculs exacts, mais quel rapport va s'établir entre calculs exacts et calculs approchés ? Ainsi, en mode "calcul exact", la TI 92 donne pour e^{3000} : "e^{3000}", ce qui n'est pas une surprise... Mais en mode "calcul approché", on obtient pour la même expression la valeur de ∞ ! Quelle conception de l'infini ces résultats vont-ils contribuer à renforcer, sinon qu'une fonction qui tend vers $+\infty$ est une fonction qui "prend de grandes valeurs" ?

Quelques pistes pour la prise en compte des problèmes posés

Et d'abord ce qu'à mon avis, il ne faut pas faire...

On trouve, dans le bulletin de l'APM n°398 *une version plus "démarche scientifique", moins "automath", d'un problème du Bac C de 1994.*

Soit la fonction définie sur R par $f(x) = \frac{e^x}{e^x - x}$, dont une calculatrice graphique propose la courbe ci-contre.



La courbe affichée suggère différentes propriétés qu'on demande de confirmer, de préciser, ou d'infirmer par un calcul ou un raisonnement précis :

- f semble définie sur tout R (on peut étudier les variations de $e^x - x$) ;

f semble avoir pour asymptote horizontale les droites d'équation $y = 0$ en $-\infty$ et $y = 1$ en $+\infty$; etc...

Disons le tout net, il s'agit là de conjectures assez artificielles... Quel "expert" dirait, sur la foi de la fenêtre affichée, qu'il s'agit d'une courbe définie sur R, et qu'il semble y avoir telle ou telle asymptote ? Développer un esprit critique chez nos élèves exige plus de prudence...

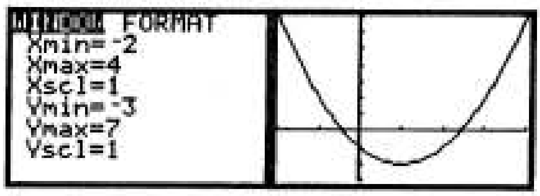
L'objectif de ce problème était de rompre avec une conception fossilisée des énoncés de bac, d'intégrer les calculatrices dans une démarche scientifique. Il semble bien que le remède, ici, est pire que le mal. On aura du mal, en tous cas, à convaincre les collègues réticents à intégrer les calculatrices dans leurs classes qu'il s'agit là de propositions de renouvellement radicales de notre enseignement. D'autres pistes existent-elles ? Je le pense...

Première piste : developper une démarche de conjectures, preuves, réfutations.

Un exemple parmi d'autres [15].

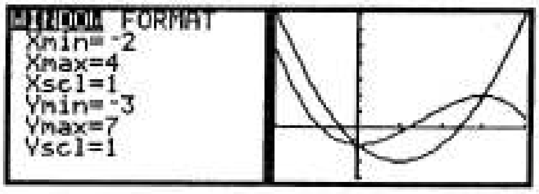
On considère la fonction g qui à x associe $x^2 - 2x - 1$ (graphique ci-contre). On se propose de chercher des fonctions f qui vérifient :

- si $f(x) < g(x)$, alors $f'(x) < 0$
- si $f(x) = g(x)$, alors $f'(x) = 0$
- si $f(x) > g(x)$, alors $f'(x) > 0$

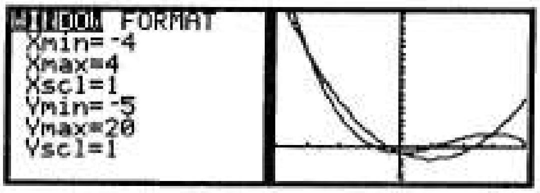


a) Peut-on trouver des fonctions f décroissantes sur R ?
b) Peut-on trouver des fonctions f constantes sur R ?
c) Peut-on trouver des fonctions f croissantes sur R ?
Répondre à ces questions nécessite de formuler des conjectures, d'éventuelles réfutations...
d) Peut-on trouver des fonctions f décroissantes, puis croissantes, puis décroissantes ?

Les élèves dessinent, l'idée d'une cubique surgit, le professeur propose les points de contact pour un contrôle mutuel des calculs... Question : la fonction trouvée convient-elle ?



Hélas, non : un recul montre que la courbe de f recoupe celle de g. Question : peut-on trouver une autre courbe du troisième degré convenable ? Hélas non... Pourquoi ? C'est la comparaison à l'infini des fonctions puissances qui permet de trancher...

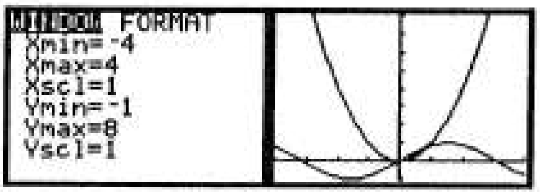


Une autre piste : donner des problèmes qui nécessitent des "visions larges".

C'était déjà une des fonctions du problème précédent. Pour comprendre qu'aucune fonction f tout le temps croissante ne pouvait convenir, il fallait aller "voir" ce qui se passait "tout en haut à gauche" de la parabole...

Autre exemple de problème, posé à une classe de TS cette année :

On considère les courbes S et P représentatives de la fonction sinus et de la fonction carré.



a) Soit D tangente à P ; combien de tangentes à S parallèles à D ?
b) Soit D tangente à S ; combien de tangentes à P parallèles à D ?
c) Combien de tangentes communes à la courbe de la fonction sinus, et à la courbe de la fonction carré ?

---

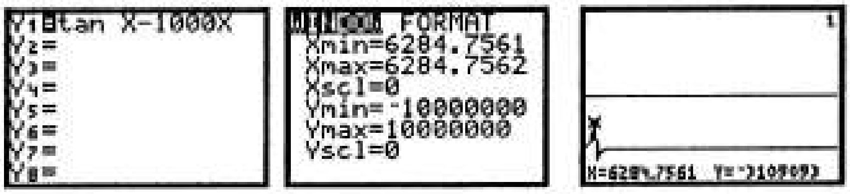
[15] D'autres exemples dans les brochures du groupe Analyse de l'IREM de Montpellier : *Des fonctions et des graphes*, et *Arithmétique, le retour* (cf. bibliographie).

On comprend bien que ce n'est pas en restant dans le cadre de la fenêtre de la calculatrice que le problème pourra être appréhendé dans sa complexité... D'autant que, plus on observe les points de contact d'éventuelles tangentes près du sommet de la parabole, plus on perd "de vue" les sommets éloignés de la sinusoïde. Les élèves devant le problème, même sans consigne, font des dessins, font des gestes utilisant la règle, font glisser des parallèles... L'infini est là au centre des débats. Réactions instructives d'élèves : "il y a un nombre fini de tangentes, car, au bout d'un certain moment, les tangentes sont confondues avec l'axe des abscisses." Trancher la discussion suppose de chercher les tangentes, leurs équations... Bref, l'objet de ce type d'énoncé est de créer une distance entre la machine et l'élève, de faire jouer la complémentarité dessin papier/crayon et dessin écran/clavier.

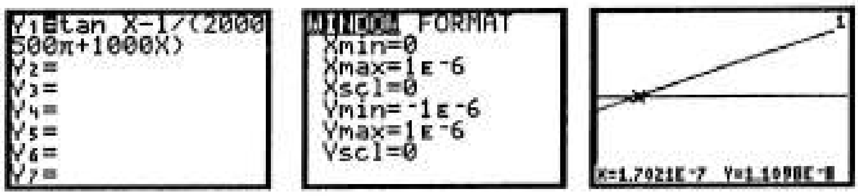
Une dernière piste : donner des problèmes dont la réalisation exige la mobilisation conjointe de la calculatrice, des résultats théoriques connus, des fonctions de référence.

Un exemple : trouver un encadrement à une précision donnée du réel α, 2000ème (par exemple...) racine positive de l'équation tanx=1000x (par exemple...).

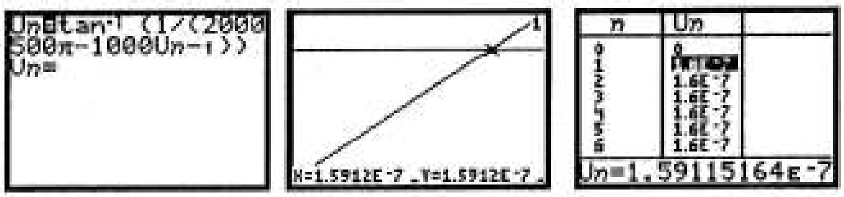
Résoudre le problème nécessite d'avoir une petite idée des variations de la fonction tangente, de localiser grossièrement la racine (elle est "juste avant" $2000{,}5\pi$), de déterminer une fenêtre adéquate pour l'encadrer. Les coefficients étant choisis pour cela, la visualisation de la racine va s'avérer très difficile :



Résoudre cette difficulté exige de changer de point de vue : au lieu de rechercher la racine α, on va chercher l'écart qu'il y a entre $2000{,}5\pi$ et α. Ce qui correspond à une démarche mathématique "habituelle". Ce changement de variable amène à la fenêtre ci-dessous, tout de même plus commode.



Enfin, on peut s'intéresser au contrôle de l'approximation trouvée, en construisant par exemple par la méthode du point fixe, une suite dont le nombre cherché soit la limite :



La suite converge très rapidement, et le premier terme donne le nombre cherché avec une précision de 10^{-15}. On peut se demander pourquoi, etc, etc.

Sans entrer dans le détail du problème, on voit bien son esprit : exiger la mobilisation de différents registres de représentation d'une fonction, à partir de la machine (courbe, tableau de valeurs...), ou hors machine, combiner détours théoriques et utilisation de la calculatrice...

Il ne s'agit pas dans le cadre de cet exposé (et de ce résumé...) de prétendre résoudre le problème de l'intégration des calculatrices dans les classes, mais simplement d'ouvrir quelques pistes. Aller plus loin suppose des conditions institutionnelles de programmes, d'uniformisation des matériels, etc..

Il me semble urgent de prendre cette question en considération, si on veut éviter le développement de deux phénomènes :

- pour les élèves, une situation de coupure entre les mathématiques qu'ils observent sur leurs calculatrices, et les mathématiques du maître. On a vu les dommages que cela pouvait avoir sur les notions construites ;
- pour les maîtres, un délitement du consensus sur l'analyse mathématique à enseigner. Le débat, récurrent, "faut-il autoriser les calculatrices aux examens", n'est que la partie émergée de l'iceberg...

La balle est dans le camp des responsables, mais aussi, dans une certaine mesure, du maître dans sa classe.

Et cette question est décisive pour ceux qui entrent maintenant dans le métier : il est plus que probable que les conditions d'exercice des professeurs de mathématiques vont subir des bouleversements considérables dans les années qui viennent. Subir ou agir... Il faut choisir !

Comme nous l'avions précisé à la fin de I.1., cet exposé se situe dans le cadre d'une généralisation des calculatrices graphiques. Avec les calculatrices symboliques, les problèmes évoqués ne sont pas supprimés, bien sûr : ils sont simplement déplacés.

On trouvera des éléments de réflexion sur ces nouveaux outils dans des études récentes :

Artigue Michèle, B. Defouad, M. Dupérier, G. Juge et J.B. Lagrange. 1997. *Intégration de calculatrices complexes dans l'enseignement des mathématiques au lycée.*

Canet, Jean-François, Jacques Delgoulet, Dominique Guin et Luc Trouche. 1996. *Un outil personnel puissant, qui nécessite un apprentissage et ne dispense toujours pas de réfléchir.*

Guin, Dominique. 1996. *Etude des modes d'appropriation de calculatrices graphiques et symboliques dans une classe de seconde.*

Trouche, Luc. 1996. *Enseigner en Terminale S avec des calculatrices graphiques et symboliques. Tome 1 : "Côté cours", Tome 2 : "Côté jardins".*

Trouche, Luc. 1997. *A propos de l'apprentissage des limites dans un "environnement calculatrice", étude des rapports entre processus de conceptualisation et processus d'instrumentation.*

Trouche, Luc. 1997. *Calculatrices symboliques en lycée : un défi mathématique.*

(Références complètes en bibliographie).

I.3. Conclusion du rapport d'étape (Juin 1996).

Un point de départ...

Nous étions partis pour notre recherche d'un point de vue de Michèle Artigue [Artigue, 1995] :

> *"L'intégration [des outils de calcul], à notre avis, ne peut devenir effective si elle ne devient efficace. Pour cela, il importe d'abord que les enseignants, au cours de la formation, deviennent familiers avec le travail mathématique dans les EIAO [16] qu'on souhaite leur voir utiliser, qu'ils se les approprient personnellement.*
>
> *Il importe ensuite qu'ils soient armés pour l'enseignement dans ces environnements. Pour cela, il est certainement intéressant qu'ils puissent disposer de recueils de situations mises au point par des chercheurs et des innovateurs déjà expérimentés.*
>
> *Mais il importe aussi qu'ils soient informés sur les phénomènes didactiques spécifiques auxquels ils seront nécessairement confrontés, sur les moyens de les repérer et de les gérer efficacement.*
>
> *Ceci suppose que l'on rompe avec une tradition de formation qui, pour mieux convaincre que les EIAO doivent être intégrés à l'enseignement, minimise les adaptations à prévoir, les connaissances à acquérir..."*

Les premiers résultats de nos observations.

S'inspirant de cette perspective, la formation que nous avons assurée à l'IUFM en début d'année a consisté en une présentation des matériels, une proposition d'activités déjà testées dans des classes, et une introduction aux problèmes didactiques posés par l'intégration des nouveaux outils.

Force est de constater que les résultats d'ensemble ont été assez décevants.

On peut tirer de cette expérience la même conclusion que celle d'Aline Robert [Robert, 1996] :

> *"On a vu que les stagiaires ne sont pas preneurs d'idées nouvelles en matière d'enseignement, d'autant plus qu'elles sont toujours partielles, qu'il reste à travailler pour les adapter, qu'ils ne peuvent les voir fonctionner sur le terrain (...). Il peut paraître paradoxal de réserver à des débutants des modifications de pratiques que des enseignants expérimentés ne tentent pas, eux qui connaissent le terrain, et les contraintes. Et les stagiaires doivent tenir ce raisonnement.*
>
> *Ainsi, malgré les IUFM, tout le système contribue à former des enseignants plus dans la continuité de leurs prédécesseurs qu'en rupture avec eux. Mais y a-t-il lieu de s'en inquiéter ?*
>
> *Faut-il ou non adapter les pratiques enseignantes aux nécessaires mutations de l'enseignement, notamment aux classes très hétérogènes, voire complètement défavorisées, ou, dans un autre ordre d'idées, à l'introduction des environnements informatiques ?".*

---

[16] Environnements Interactifs d'Apprentissage avec Ordinateur.

Une confirmation de notre hypothèse de départ.

Comme le remarque Aline Robert, "voir fonctionner les idées nouvelles sur le terrain" est bien une condition nécessaire pour une modification du point de vue des stagiaires. Seuls les deux stagiaires qui ont été suivis régulièrement, toute l'année, dans le cadre de la préparation d'un mémoire ou d'une tutelle pédagogique, ont pris en compte, dans leur pratique professionnelle, les outils de calcul, ce qui les a amené aussi à remettre en cause un certain nombre d'idées sur l'enseignement lui-même.

Le rapprochement que fait Aline Robert entre l'adaptation de l'enseignement aux classes hétérogènes et l'adaptation de l'enseignement aux environnements informatiques est aussi intéressant : dans un cas comme dans l'autre, on n'a pas le choix. La situation est là, et il faut faire avec. Il est fini le temps où l'enseignant avait le choix d'aller, ou non, avec ses élèves dans la "salle informatique". Désormais, c'est l'informatique, sous sa forme calculatrice, qui entre dans la salle de classe "normale". Le problème de l'intégration, ou sinon de la coexistence, se pose de toutes façons.

Une pression didactique, comment ?

La préparation au métier d'enseignant impose donc à l'IUFM d'exercer cette "pression didactique" nécessaire à une prise en compte par les stagiaires des éléments auxquels ils seront confrontés dès leur entrée dans la vie professionnelle.

Cela passe par une intégration des outils de calcul dans l'enseignement dispensé à l'IUFM, cela passe aussi par une pression mieux organisée pour que cette prise en compte soit effective dans la classe dont les stagiaires ont la responsabilité.

On ne peut pas attendre cette pression de la part de l'établissement dans lequel les stagiaires exercent. C'est donc l'IUFM qui doit l'exercer. Quelques propositions à ce sujet :

- l'IUFM dispose d'un lot de calculatrices graphiques. Pourquoi ne pas organiser un prêt tournant de ce matériel dans les classes ? Chaque stagiaire en disposerait ainsi pendant un temps limité, et des bilans croisés pourraient être faits ;
- l'IUFM dispose aussi de calculatrices rétroprojetables. Celles-ci pourraient faire l'objet aussi d'un prêt tournant, coordonné, ou non, avec le prêt des calculatrices individuelles ;
- notre équipe de recherche disposera d'une calculatrice TI-92 rétroprojetable, comportant un logiciel de calcul formel. Celle-ci pourra aussi tourner dans les classes, et donner matière à des travaux plus diversifiés, utilisant les logiciels de calcul formel et de géométrie ;
- l'IUFM pourrait proposer, pour donner matière à expérimentation et bilan, des thèmes : soit des thèmes liées à la discipline (enseigner les fonctions avec des calculatrices graphiques, enseigner l'algèbre en 3ème avec un logiciel de calcul formel...), soit des thèmes liés à l'enseignement de façon plus générale (travail autonome et calculatrices par exemple).

Des perspectives pour la deuxième année de recherche.

Dans cette perspective de travail coordonné avec l'IUFM, nous avons l'intention, l'année prochaine, de développer davantage l'observation des stagiaires, et moins la formation (qui n'est du reste pas de notre ressort).

Cela suppose une meilleure coordination avec les formateurs IUFM (quant à la formation dispensée, et au dispositif d'observation) ;

Cela suppose la mise au point d'un dispositif d'observation beaucoup plus serré : des questionnaires, mais aussi des entretiens et des visites dans les classes, pour les stagiaires qui accepteront de participer à ce travail.

Ceci devrait nous permettre de mieux cerner les raisons des résistances, et de préciser de nouvelles pistes pour les dépasser.

Chapitre II

La formation dispensée à l'IUFM

Introduction

On trouvera dans ce chapitre une description des conditions de formation des stagiaires en mathématique, relativement à l'utilisation des calculatrices.

Cette description s'appuie pour l'essentiel sur les réponses des formateurs au questionnaire (cf. page suivante) que nous leur avons transmis [17].

Nous considèrerons en II.1. la formation telle qu'elle est assurée par l'IUFM ; nous donnerons en II.2. quelques informations sur les présentations que nous avons assurées dans les centres de Nîmes et Montpellier pendant l'année scolaire 1995/96 [18].

[17] Nous remercions vivement Y. Girmens, du centre de Perpignan, et A. Bronner, du centre de Montpellier, qui ont bien voulu répondre à nos questions.
[18] On trouvera toutes les informations utiles sur cette formation dans le rapport de recherche intermédiaire publié en Juin 1996. Un des éléments clefs de cette formation a été reproduit dans la partie I du présent rapport, page 17 : "Questions didactiques relatives à l'utilisation des calculatrices graphiques". Il s'agit de l'exposé introductif de ces journées de formation.

Equipe de recherche IUFM/MAFPEN
IREM, Université de Montpellier II

Montpellier, le 20 mars 1997

Formateurs en Mathématiques
IUFM de Montpellier

Cher collègue,

Dans le cadre de notre recherche sur l'intégration des calculatrices dans l'enseignement des mathématiques auprès des professeurs en formation initiale, nous vous serions reconnaissant de bien vouloir nous communiquer les renseignements suivants qui nous permettront de compléter notre analyse :

1 De quels matériels disposent les stagiaires :

1.1 En informatique : salle spécialisée, avec quelles machines, quels logiciels...

1.2 En calculatrices : possibilité d'emprunt de calculatrice (ou d'un lot pour une classe), possibilité d'emprunt d'un modèle rétroprojetable, possibilité de comparer différents modèles, etc.

1.3 En ouvrages de référence : possibilité de consulter ou d'emprunter des ouvrages de référence, mémoires ou thèses...

2 Quelle est la formation qui leur est dispensée, pendant la première année, puis la deuxième année (nombres d'heures, répartition pendant l'année...)

2.1 En informatique : présentation de logiciels, de séquences d'enseignement, exposé sur les questions didactiques liées à l'utilisation de ces matériels...

2.2 En calculatrices : même question.

3. Dans l'enseignement ordinaire, quelle est l'intégration des "outils de calcul" par les formateurs IUFM ? (en temps, en fréquence...)

3.1 Comme application du cours (calcul numérique par exemple)

3.2 Comme illustration de celui-ci, avec un rétroprojecteur ?

3.3 Comme proposition d'activité dans les classes ?

4. Comme formateur IUFM, percevez-vous une évolution dans la relation que les stagiaires entretiennent avec les calculatrices ? Si non, pourquoi ? Si oui, en quoi ?

5. Quelles ont été les retombées de nos interventions auprès des stagiaires (sites de Nîmes et de Montpellier) ?

5.1 Votre appréciation personnelle ?

5.2. Les réactions des stagiaires ?

Nous vous remercions par avance.

Amicalement

L'équipe de recherche

II.1. IUFM et calculatrices : état des lieux

La formation en deuxième année (PLC2)

Les professeurs stagiaires de lycée et collège en deuxième année d'IUFM (PLC2), après leur admission au concours de recrutement (CAPES ou Agrégation) sont affectés à un établissement de l'académie (collège ou lycée) dans lequel ils effectuent leur stage dit "en responsabilité" dans une ou plusieurs classes de l'établissement (à concurrence de six heures hebdomadaires). Un professeur de l'établissement est assigné au stagiaire en qualité de tuteur chargé d'assurer le suivi en l'action du stagiaire dans sa classe.

Le stagiaire effectuera également un stage de "pratique accompagnée" d'une durée de quarante heures dans un établissement voisin, d'un autre type que celui dans lequel il effectue le stage en responsabilité, auprès d'un professeur conseiller pédagogique.

Concernant le versant théorique de la formation en deuxième année, selon son lieu d'affectation, le stagiaire de mathématiques recevra dans l'un des trois sites de l'IUFM (Montpellier, Nîmes, Perpignan), la totalité de la formation en liaison avec l'enseignement des mathématiques dans le cadre du module "didactique". D'autres modules (formation générale et commune, aide au travail et à l'insertion sociale et professionnelle, connaissance du système éducatif) se déroulent dans des bassins géographiques plus réduits, dans un cadre interdisciplinaire. Enfin d'autres modules de formation générale (optionnels) donnent lieu à des regroupements tenant compte du nombre de stagiaires inscrits dans ces formations.

Enfin, le stagiaire devra rédiger un mémoire professionnel dont la problématique est issue d'une difficulté d'enseignement effectivement rencontrée.

Le domaine qui nous intéresse ici essentiellement, est le module "didactique" dispensé dans les trois sites de Montpellier, Nîmes et Perpignan. Le fonctionnement de chacun de ces trois groupes est largement autonome, bien que les formateurs élaborent en concertation avec le responsable académique les contenus de la formation.

Les équipements disponibles

À Perpignan, les stagiaires disposent d'un réseau de micro-ordinateurs équipé de Cabri-Géomètre, d'une TI-92 avec sa tablette de rétroprojection qu'il peuvent emprunter pour utilisation personnelle ou dans les classes. Ils ont également la possibilité de consulter des brochures et fascicules sur le sujet, en provenance des IREM et spécialement de l'IREM de Montpellier.

À Montpellier et Nîmes, l'IUFM est équipée de deux salles d'informatiques totalisant une vingtaine d'ordinateurs munis entre autres des logiciels Cabri-Géomètre et Derive. Il existe également un lot de 25 calculatrices TI-81 avec une tablette de rétroprojection. La bibliothèque de l'IUFM est générale ; les stagiaires de Mathématiques de Montpellier sont invités aussi à consulter la bibliothèque de l'IREM.

La formation dispensée, concernant les calculatrices et l'informatique

La formation dispensée aux stagiaires PLC2 à propos de l'utilisation de l'informatique est limitée à deux journées de six heures consacrées à la présentation de Cabri-Géomètre, à la familiarisation de ce logiciel et à une réflexion didactique autour de son intégration dans les classes de lycée et de collège. Au cours de la prochaine année universitaire, quelques heures seront consacrées aux moyens de communication (Internet). Sur les sites de Nîmes et Montpellier, une formation de deux jours a été consacrée à l'utilisation des calculatrices en général et à une réflexion sur leur intégration dans l'enseignement des mathématiques en lycée et collège. Ajoutons à cela, sur le site de Perpignan, une journée consacrée à la TI-92, dont les objectifs consistaient d'une part à s'approprier l'outil, d'autre part à soulever quelques questions didactiques liées à ce matériel. En dehors de ces temps spécifiques dans la formation, il n'y a pas d'intégration des outils de calcul dans la réflexion didactique générale. Il semble pour l'instant que la position considérant les calculatrices comme un supplément à l'enseignement des mathématiques domine largement. Cependant, pour nuancer cette affirmation, quelques activités de classe sont présentées avec une utilisation possible de calculatrices, mais ceci se fait au coup par coup.

À Nîmes et Montpellier, l'intégration des calculatrices est d'autant plus difficile que la formation à l'utilisation des calculatrices a été assurée ponctuellement, en 1996/97, par Alain Bronner qui n'assurait pas la formation générale de didactique des mathématiques. Aucun suivi n'a pu, cette année, être assuré sur ces deux sites. Par contre, en 1995/96, Alain Bronner ayant assuré l'ensemble de la formation didactique, le suivi et surtout le réinvestissement a été plus facile. Il faut noter que, nombre de stagiaires faisant leur stage en responsabilité en collège, l'accent a été mis tout naturellement sur les aspects numériques de l'utilisation de la calculatrice plus que sur les aspects graphiques, avec un réinvestissement possible lorsque l'occasion se présente. Cependant, à Nîmes et Montpellier, et suite à notre action en 1995/96, le formateur a intégré des activités à dominante graphique dans l'esprit des interventions de notre équipe.

Les attitudes des stagiaires

Si une grande majorité de stagiaires PLC2 n'a aucune pratique personnelle de l'informatique appliquée aux mathématiques (calcul formel, géométrie), les formateurs ressentent actuellement "un réel questionnement et un début de remise en cause". Cette remarque, en provenance de Perpignan, est donc sans rapport avec l'action de notre groupe de recherche qui n'est pas intervenu dans ce centre.

À Nîmes et Montpellier aussi, au dire des formateurs, il semble (sans qu'une vérification rigoureuse puisse en être faite) qu'un questionnement s'installe autour de l'intégration des calculatrices. Il reste qu'une prise de conscience de la nécessité de réfléchir aux problèmes posés par l'existence de l'outil ne débouche pas en général sur un "passage à l'acte", apparemment à cause du manque de recul des stagiaires, recul qui serait nécessaire pour mettre en œuvre une réflexion de fond. Il semble également aux formateurs que l'attitude de certains stagiaires (qu'Alain Bronner caractérise dans un entretien oral avec nous en juin 97 par le double adjectif "négatif-agressif" - ce qui dans notre classification correspondrait au caractère "négatif" auquel on ajouterait une forte connotation oppositionnelle) reflète plus une réaction spontanée du stagiaire qu'une prise de position réfléchie et que cette attitude est susceptible d'évoluer à plus ou moins long terme. Bien que la formation proposée aux étudiants en première année (PLC1) soit essentiellement axée sur la préparation au concours, le formateur utilise une calculatrice rétroprojetable au cours de certaines leçons d'analyse, ce qui a pour effet de sensibiliser les étudiants à l'utilisation de ces matériels. Il semble d'ailleurs, d'après Alain Bronner, que les PLC2 issus de la préparation PLC1 montrent une certaine familiarisation avec ces problèmes d'intégration plus développée que les stagiaires ayant été candidats libres au CAPES. Mais ceci nécessiterait une étude plus objective dans la population des PLC2.

L'intérêt, manifesté par les stagiaires, pour l'informatique et les calculatrices peut se mesurer au nombre de mémoires professionnels présentés sur ces thèmes. Un mémoire a été rédigé en 1997 à Perpignan sur "la place de l'informatique dans l'enseignement des mathématiques au Collège", un autre sur les limites numériques de la calculatrice à Nîmes. Par ailleurs, deux mémoires sur les calculatrices graphiques ont été rédigés à Nîmes en 1996 ("Introduction de calculatrices graphiques en Seconde, processus de familiarisation et processus de contrôle" et "Les représentations graphiques dans l'étude des fonctions associées" ; ces deux derniers mémoires ayant été dirigés par des membres de notre équipe). On pourra se reporter à l'Annexe 1 de ce rapport pour plus de précisions à ce sujet.

Les difficultés de la prise en compte dans la formation

D'une façon générale, dans la formation didactique des PLC2, devant le nombre et l'importance des questions d'urgence soulevées par l'entrée dans la fonction d'enseignant en général et d'enseignant de mathématiques en particulier, devant la progression d'année choisie par le stagiaire très souvent liée à la progression choisie par le conseiller pédagogique tuteur, l'intégration des calculatrices et de l'informatique reste pour les formateurs, comme pour les stagiaires, un élément non essentiel de la formation. Y consacrer davantage de temps et d'importance nécessiterait, dit Alain Bronner (réponse à une question de notre part - janvier 1996), "de redéfinir les objectifs prioritaires de cette formation" et, ajoute-t-il, "il reste à faire la preuve [que la prise en compte des calculatrices] devient un élément pertinent d'une meilleure voie d'accès au savoir, et en particulier dans les classes données aux stagiaires". Notre action auprès des stagiaires PLC2 de mathématiques de Nîmes et Montpellier en 1995/96, axée exclusivement sur deux journées de formation à l'utilisation de calculatrices graphiques et formelles et à une première réflexion sur les problèmes didactiques posés par l'intégration de ces matériels, a, semble-t-il, atteint son objectif de sensibilisation sans pour autant entraîner une intégration effective dans les classes de ces nouveaux professeurs.

La "pression didactique" dont nous parlions dans le rapport intermédiaire, et que nous souhaitions voir exercer par l'IUFM, n'a pas eu lieu. Deux raisons à cela :

- tout d'abord, la continuité de la formation didactique n'a pu être assurée dans les sites où nous sommes intervenus entre les années 1995/96 et 1996/97. Les formateurs de cette année n'avaient pas (ou très vaguement) connaissance des conclusions de notre rapport intermédiaire et par ailleurs n'ont pas assuré la journée (six heures) de formation consacrée aux calculatrices. Celle-ci, assurée ponctuellement sur les deux sites par Alain Bronner avec qui nous avions collaboré l'année précédente, était "posée au milieu" de la formation et ne pouvait pas déboucher sur un suivi et une continuité de la réflexion des stagiaires ;
- la deuxième raison est liée au choix des objectifs de formation des PLC2 de mathématiques : "De nombreux problèmes généraux d'apprentissage, de gestion de classe, de didactique des mathématiques doivent être envisagés. Ainsi, par rapport à des objectifs nombreux de formation, il est actuellement difficile de consacrer davantage d'heures à l'utilisation pédagogique des calculatrices ... [sauf de] repositionner le problème des calculatrices graphiques dans ce cadre." (A. Bronner- janvier 1996). Or ce "repositionnement" n'a pas été , à ce jour, envisagé. L'intégration des calculatrices n'étant pas actuellement un objectif prioritaire dans la formation, on retrouve dans le plan de formation une unité de neuf heures sur Cabri-Géomètre et de six heures sur les calculatrices. Bien sûr, on relève le souhait d'intégrer l'utilisation des calculatrices et des logiciels de mathématiques dans le reste de la formation didactique chaque fois que le thème s'y prête, mais sans que la réflexion sur cette intégration n'ait été clairement envisagée. De ce fait, il n'existe par exemple, à ce jour, aucune incitation à l'emprunt de matériel. Le seul matériel emprunté en 1996/97, est le lot de TI-81 de l'IUFM de Montpellier par un stagiaire participant avec nous à l'expérimentation et donc soumis à une "pression didactique" marquée.

Conclusion

La formation didactique proposée par l'IUFM a défini des objectifs généraux tenant compte de la nécessité de donner à des étudiants à peine sortis de l'Université les outils indispensables à la gestion d'une classe de mathématique. Si les outils informatiques et particulièrement les calculatrices sont pris en considération dans cette formation, on peut noter qu'ils restent encore largement marginaux.

II.2. Rappel des interventions en 1995/96 auprès des PLC2 de Nîmes et Montpellier [19]

Intervention des 6 novembre et 20 novembre 1995

Enquête : Comment est perçu l'outil calculatrice chez les stagiaires	1h	*Questionnaire proposé aux stagiaires*
Exercices : Du bon usage des fonctionnalités de base d'une calculatrice graphique	1h	*Une série d'exercices permettant de préciser ce que peut ... et ne peut pas la calculatrice*
Exposé : Questions didactiques relatives à l'utilisation des calculatrices graphiques (voir ce rapport, en I.)	1h	*Pour que l'utilisation de la calculatrice prenne sens pour l'élève, il faut que cet outil soit intégré par le professeur dans son enseignement ...*
Analyse d'une activité : la suite des zéros positifs de $f_n(x) = x^n + x^{n-1} + x^2 + x - 1$	1h	*Les stagiaires traitent ce problème, présentation des différents points de vue*
Des activités niveau Troisième-Seconde : De l'art du fenêtrage Des contraintes pour une droite	1h	*Présentation et analyse d'activités proposées à des élèves*

Intervention du 10 Avril 1995

Enquête : Comment est perçu l'outil calculatrice chez les stagiaires	1/2h
La TI-92 support de derive :	1/2h
Activités en TS (présentation et analyse)	1h
Calcul exact, calcul approché	1/2h

[19] L'analyse détaillée des interventions de notre équipe en 1995/96 a fait l'objet d'un rapport intermédiaire en juin 1996

Quelques réactions de stagiaires au cours de ces séances

Premières journées de formation

Lors des deux premières journées d'intervention auprès des stagiaires PLC2 de Nîmes(6/11/95) et Montpellier (20/11/95), ceux-ci ont, à la suite du questionnaire, travaillé à partir d'une feuille d'exercices (*du bon usage des fonctionnalités de base*). Des TI-81 sont prêtées à ceux qui ne disposent pas de leur propre calculatrice et un rétroprojecteur manipulé par le formateur est utilisé.

Les réactions des deux groupes sont différentes, celui de Nîmes paraît être plus actif, alors qu'à Montpellier des manifestations de réticence envers l'outil se manifestent. Ainsi, dans ce dernier groupe, un des formateurs note même que certains stagiaires font un exercice et referment ensuite aussitôt leur calculatrice, seule une incitation directe leur fait reprendre la suite du TP. Notons aussi qu'à Nîmes la plupart des exercices ont été abordés, la séance ayant même dépassé l'horaire prévu. A Montpellier, le temps pévu est respecté mais seuls les exercices 1, 2 et 3 ont été abordés ainsi qu'une partie de l'exercice 6 : observation de ln(lnx) sur $[0;10^{99}]$.

Les exercices proposés dans ce document ont pour objectif la manipulation des fonctionnalités graphiques des calculatrices : range, box, zoom, trace, et l'utilisation de Nderiv :

- l'exercice 1 vise essentiellement des activités de fenêtrage afin d'obtenir pour une fenêtre donnée pour x le plus d'information possible sur la fonction ;

- l'exercice 2 s'intéresse aux variations de fonctions et à l'utilisation de Nderiv. A propos de Nderiv, à Montpellier, un des formateurs intervient pour expliquer le mode de calcul réalisé par les calculatrices, et montrer comment ce mode (dérivée symétrique) peut être source de problèmes car certains stagiaires semblent particulièrement réticents devant les exercices et de toute façon comme dira l'un deux : "ce n'est pas bien car on croit ce que l'on voit". En fait certains ont beaucoup de mal à entrer seulement une fonction...

- dans l'exercice 3, il s'agit de mettre en évidence le maximum relatif d'un polynôme sur [0;1] alors qu'au premier abord, on distingue essentiellement son minimum relatif. Il s'agit donc de faire des zooms successifs en ajustant le facteur d'agrandissement sur chaque axe (Set Factor) ;

- l'exercice 6, (observation de ln(lnx) sur une fenêtre $[0,10^{99}]$) a pour objectif de mettre en évidence la manière dont les calculatrices donnent la courbe représentative d'une fonction en reliant seulement un certain nombre (100 environ sur toutes les calculatrices ordinaires) de points de calculs (découpage de l'écran en pixels). Si l'on n'ajuste pas la fenêtre des y en fonction des points de calcul on obtient une représentation sous forme de "droite horizontale". Si l'on veut mettre en évidence la croissance de ln(lnx), le premier calcul s'effectuant environ à 10^{97}, on prendra $\ln(\ln 10^{97})$ comme borne inférieure pour y et $\ln(\ln 10^{99})$ comme borne supérieure. Mais les stagiaires invoquent seulement la croissance lente de ln(lnx), le mode d'affichage de la courbe est méconnu.

Deuxième journée d'intervention

La deuxième journée d'intervention du 10 avril 1996 devait se dérouler devant les stagiaires de Nîmes et de Montpellier . L'intervention à Nîmes n'a pu avoir lieu, celle de Montpellier s'est déroulée de 14h à 16h devant une vingtaine de stagiaires à qui avaient été prêtées des Calculatrices TI-92. Il s'agissait d'évaluer l'impact de l'intervention de novembre introduisant la calculatrice graphique comme outil didactique, présenter une calculatrice supportant le logiciel dérive(TI-92) et réfléchir aux problèmes liés à son utilisation à des fin didactiques. Avec le prétexte de l'étude d'une fonction élémentaire (type rationnelle), aperçu des fonctionnalités qui "tournent" en calcul approché ; puis, sous Derive : calcul formel (mode "exact") de la dérivée, des limites, des extremums ...

Ensuite, nous proposons deux activités testées dans une classe de Terminale S où se déroule une expérience pédagogique d'intégration de la calculatrice à l'enseignement des mathématiques. Les stagiaires expérimentent la première activité sur les calculatrices qui leurs sont prêtées, puis nous présntons un compte rendu de cette activité telle qu'elle s'est déroulée en TS. La deuxième activité, que les stagiaires sont invité à exécuter est centrée sur les suites.

La deuxième intervention, tout comme la première, a été suivie avec un intérêt poli, bien qu'une légère évolution soit sensible : les critiques les plus radicales se sont tues (par résignation ?) et la plupart des stagiaires semble connaître les fonctionnalités de base (formation sur DERIVE ?) mais pas la moindre analyse didactique ; pire, des raccoucis douteux : *«Pourquoi envisager la TI 92 puisque DERIVE existe déjà sur un support plus puissant ?»* (remarquer au passage ce qui définit la puissance : les Kilo-octets, les MégaHertz; aucune mention de la convivialité, de la portabilité, de la diffusion...).

En dehors de nos deux interventions au cours du module de formation didactique, nous avons souhaité que les stagiaires puissent réaliser des activités dans leurs classes. Pour cela, des grilles d'évaluation d'une activité eur ont été remises début janvier. Un de nos objectifs étant d'apprécier quantitativement la réalisation ou non d'activités spécifiques et d'évaluer ensuite, à travers les questions posées, l'impact que pouvait avoir eu ces activités dans leur classe. De fait, pour des raisons tenant en partie à l'organisation de la distribution et de la collecte, très peu de grilles nous sont revenues (4 pour Nîmes et 5 pour Montpellier).

Parmi ces 9 retours sur 27, seulement 5 disent avoir réalisé une activité spécifique dans leur classe :
- 3 en seconde avec des calculatrices graphiques ;
- 1 en collège avec des calculatrices non graphiques ;
- 1 en seconde en utilisant le logiciel DERIVE d'un ordinateur.

En ce qui concerne l'activité au collège, il s'agit d'une activité numérique dont le thème est l'utilisation des touches +, -, x, :, et les parenthèses. Chaque élève dispose d'une calculatrice, Casio collège (sans éditeur d'expression). Ce qui pose le plus problème aux élèves est l'utilisation correcte des parenthèses. Les élèves sont à 80% motivés mais fonctionnent de façon semblable aux autres cours à 75%, ils sont peu autonomes (20%) mais réussissent assez bien (70%).

Les 3 activités proposées par les stagiaires en seconde utilisent l'aspect graphique pour la résolution de certaines équations et inéquations. Dans tous les cas, il s'agit de séances en demi groupe (TP ou module), les élèves travaillent en binôme et disposent d'une calculatrice pour deux. Un rétroprojecteur est toujours utilisé et manipulé par l'enseignant. Les élèves ne fonctionnent pas de façon autonome, ils ont une attitude semblable à celle des autres cours et sont moyennement motivés.

Enfin, en ce qui concerne l'activité proposée par un stagiaire avec Derive, il s'agit de déterminer des échelles correctes pour la représentation de certaines fonctions. Chaque groupe dispose d'un ordinateur, et le stagiaire est enthousiaste, cet enthousiasme se transmet : attitude à 100% différente de la part des élèves ; 80% d'entre eux très motivés et 20% motivés ; 80% ont terminé l'activité. La principale difficulté des élèves est de trouver la bonne échelle pour représenter $f(x) = \frac{100000}{x}$. Conclusion du stagiaire : "l'informatique, ça plaît et c'est efficace. La calculatrice me semble plus difficile à utiliser : le petit écran ne permet pas au professeur d'expliquer à tout un groupe quelque chose sur l'écran." (Notons qu'une calculatrice rétroprojetable permet d'expliquer à tous la même chose et qu'un lot de calculatrice prêtées ou disponibles dans un établissement permet d'éliminer le problème de la diversité des matériels.).

En conclusion.

Pour la plupart des stagiaires de Nîmes (7/11), il est malgré tout envisageable d'organiser des activités spécifiques avec une calculatrice dans leurs classes, même si leur conviction est assez dispersée. Mais pour les calculatrices graphiques, il y a deux camps opposés : les réfractaires à tout crin (7 réponses "pas du tout") et ceux pour qui cela est possible (4/11). Mais même parmi ceux-là, 2 seulement sont sûrs de vouloir employer toutes les possibilités offertes en matériel par exemple.

Les stagiaires de Montpellier sont plus réfractaires[20] que ceux de Nîmes à l'emploi de calculatrices (10/18) et de calculatrices graphiques (13/18). Le prêt de matériel est tout de même motivant pour 6 d'entre eux.

Notons que, malgré le nombre restreint de réponses des stagiaires, ceux qui ont réalisé des activités avec des calculatrices rapportent les difficultés des élèves. Celles-ci sont parfois liées directement à la prise en main de l'outil (connaissance des "touches" à utiliser), mais elles peuvent aussi être liées aux potentialités de celui-ci (valeurs paradoxales, ajustement nécessaire des images...) ce qui souligne encore l'absence de familiarité immédiate avec le matériel.

Par ailleurs, nous constatons que le stagiaire ayant fourni le plus d'indications sur l'activité réalisée est un stagiaire exerçant dans le même établissement que l'un des membres de notre équipe, établissement où l'on peut disposer d'une calculatrice rétroprojetable. A l'occasion de l'étude des fonctions, certains contacts ont pu amener ce stagiaire à utiliser le matériel.

Ce dernier constat pourrait-il renforcer l'hypothèse qu'une "pression didactique" accrue induise chez les stagiaires des comportements plus actifs à propos de l'intégration des calculatrices ?

---

[20] A la décharge de certains stagiaires, certains enseignent en responsabilité en classe de sixième et cinquième. Nous n'avons pas recensé leur nombre pour l'instant.

Chapitre III

La méthodologie de recherche

INTRODUCTION

Une des conclusions de notre recherche en 95/96 (cf. I) était que seule une **"pression didactique forte"** pouvait entraîner des modifications des conceptions des professeurs stagiaires quant à l'intégration des calculatrices dans l'enseignement. Cela suppose par exemple :

- de présenter des recueils de situations mises au point par des chercheurs et des innovateurs déjà expérimentés ;
- d'informer sur "les phénomènes didactiques spécifiques auxquels les stagiaires seront nécessairement confrontés, sur les moyens de les repérer et de les gérer efficacement" [Artigue 95].
- d'inciter la rédaction de mémoires professionnels sur ce thème ;
- de proposer des prêts tournants de matériel ;
- d'insérer la problématique posée par l'intégration de ces nouveaux outils à d'autres problématiques en la rendant ainsi plus globale (par exemple : outils de calcul et pédagogie différenciée, outils de calcul et débat scientifique, outils de calcul, argumentation et preuve).

Pour mieux définir et mesurer l'effet de cette "pression didactique", nous avons délimité trois niveaux d'intervention :

- **un niveau 0**, pour lequel notre point de vue a été uniquement descriptif ; il s'agit de l'ensemble de la population des stagiaires PLC2 relevant des centres de Montpellier et Nimes (pour raison de proximité géographique). A la différence de la première année de recherche, nous n'avons assuré aucune formation, nous contentant de réaliser un relevé de conception au début, puis à la fin de l'année de stage sous forme de questionnaires ;
- **un niveau 1**, pour lequel notre point de vue a été un peu plus prescriptif ; il s'agit d'un échantillon de stagiaires auquel nous avons proposé le prêt d'un lot de calculatrices et notre aide éventuelle pour la mise en forme d'activités. Nous parlerons ici de "pression ponctuelle" ;
- **un niveau 2** enfin, pour lequel nous parlerons de "pression longue" ; il s'agissait de stagiaires en pratique accompagnée dans les classes des membres de notre équipe.

Il fallait éviter que l'échantillon de professeurs stagiaires choisis (niveau 1) soit trop "spécifique". Deux critères nous paraissaient importants :

- le stagiaire était-il favorable ou hostile à l'intégration des outils de calcul dans l'enseignement des mathématiques ?
- le stagiaire s'estimait-il expert ou néophyte du point de vue de l'utilisation des calculatrices ?

Le questionnaire donné en début d'année à l'ensemble de la population a permis de sélectionner un échantillon représentatif des modalités extrêmes des deux critères.

On trouvera donc d'abord dans ce chapitre (III.1. et III.2.) le texte et l'analyse du questionnaire. Celui-ci a été proposé aux stagiaires le 14 octobre 1996. 30 stagiaires à Montpellier et 23 à Nîmes y ont répondu. 22 stagiaires (ou 23, l'un deux ayant omis de répondre à cette question) effectuent leur stage en responsabilité en lycée. Ce questionnaire comporte 5 parties. L'objectif visé était de faire :

- un état des lieux du matériel qu'ont eu et qu'ont les stagiaires, l'utilisation qu'ils en ont faite pendant leur scolarité (partie 1) et la connaissance qu'ils en ont (partie 2) ;
- une tentative d'évaluation de l'influence que les stagiaires accordent aux calculatrices sur l'enseignement des mathématiques et de leur perception de l'introduction des ces outils dans les classes (partie 3) ;
- le point sur la pratique pédagogique que les stagiaires envisagent par rapport à ces outils dans leur classe, à court et plus long terme (partie 4) ;
- une analyse des pratiques effectives des stagiaires avec leur calculatrice à travers la résolution d'un exercice (partie 5).

On trouvera ensuite (III.3.) la méthode utilisée pour sélectionner, à partir des résultats du questionnaire, l'échantillon de stagiaires que nous allons suivre pendant l'année.

III.1. Le questionnaire

Les questions posées dans le questionnaire qui suit s'intéresse à deux variables :

- quelle est la connaissance que les professeurs stagiaires estiment avoir des calculatrices en général et de la leur en particulier ?
- quel effet attribuent-ils, pour l'enseignement des mathématiques, à la généralisation des calculatrices graphiques ou symboliques dans les classes ?

Pour réduire l'ambiguïté possible de certaines réponses, nous avons été amené, par rapport aux questionnaires de la première année de recherche, à préciser certaines questions. Ainsi, à la question III.2., nous avions demandé en 1995/96 : "la généralisation des calculatrices graphiques nécessite-t-elle une modification du comportement du professeur ?". La réponse "Oui" pouvait donner lieu à diverses interprétations , par exemple :

- le professeur doit donner des exercices pour lesquelles la calculatrice graphique ne donne pas les réponses ;
- le professeur doit donner des exercices pour lesquels la calculatrice graphique donne une réponse erronée ;
- le professeur doit intégrer la calculatrice graphique comme auxiliaire de résolution des exercices proposés.

Pour éviter de telles ambiguïtés, nous avons pris soin d'ajouter, après chacune des questions de ce type, la question ouverte complémentaire : "en quoi ?".

Nous n'avons par contre pas considéré la variable homme/femme dans cette étude. Non que celle-ci ne nous soit pas apparue comme pertinente : la plupart des études relatives en particulier au rapport des étudiants avec les calculatrices, et en général au rapport avec les outils, indiquent que les conceptions, les comportements, ne sont pas indépendants du sexe des personnes concernées.

Mais les moyens limités qui étaient les notres pour cette recherche nous contraignaient à ne suivre de près qu'un petit nombre de stagiaires. Il était donc peu crédible de considérer une troisième variable dans notre étude, sauf à nous contenter de banalités sur l'influence du sexe dans le rapport aux instruments de calcul. Cette question reste donc ouverte pour des études ultérieures...

Ayant laissé de côté la distinction homme/femme, nous parlerons "au masculin" des stagiaires en général comme de chacun des stagiaires que nous avons été amené à rencontrer dans le cadre de cette étude.

Le texte du questionnaire

Nom et prénom	Classe en responsabilité	Adresse de l'établissement

I. Matériel

1. Quel type de calculatrice avez-vous eu pendant votre scolarité et quelle utilisation en avez-vous eu ? (On cochera la case qui convient)
S : 4 opérations, scientifique **P** : programmable **G** : graphique **F** : symbolique
Be : beaucoup **Ré** : régulièrement **Ra** : rarement **Pa** :pas du tout

	Nom de la calculatrice	Type de calculatrice				Utilisation			
		S	P	G	F	Be	Ré	Ra	Pa
Collège									
Seconde									
Première									
Terminale									
1° cycle universitaire									
2° cycle universitaire									

Estimez-vous connaître la dernière calculatrice en votre possession :

Très bien ❒ Assez bien ❒ Un peu ❒ Pas du tout ❒

2. Avez-vous chez vous un ordinateur ?

Oui ❒ Non ❒

Si oui lequel ?

Quels logiciels utilisez-vous ?

Que vous ayez ou non un ordinateur, avez-vous déjà utilisé un logiciel de mathématiques ?

Oui ❒ Non ❒

Si oui, lequel ?

II. Usage personnel

1. Pour votre usage personnel, quelles fonctionnalités utilisez-vous ?

	Beau-coup	Régulièrement	Rarement	Pas du tout
Les opérations élémentaires (+, - , x , / ,$\sqrt{\ }$)				
Le tracé de courbes				
Les calculs approchés sur les fonctions (nombre dérivé, intégrales, résolution d'équations...)				
L'écriture de programmes				
Les calculs sur les suites				
Les statistiques				
Le calcul matriciel				
Le calcul exact et formel				

Autres fonctionnalités (lesquelles ?) :

2. En tant qu'usager, quelles sont les principales qualités ou principaux défauts que vous pouvez citer par rapport à votre calculatrice ? (ergonomie, lisibilité, maniement, fonctionnalités...)

III. Les calculatrices graphiques, outils pour la classe

1. Donnez votre degré d'accord avec les affirmations suivantes.

La généralisation des calculatrices graphiques :	Tout à fait	Oui	Très peu	Pas du tout
a. est un "atout" pour l'enseignement des mathématiques				
b. rend les élèves plus autonomes				
c. permet de développer un débat scientifique dans la classe autour de conjectures, de preuves, de réfutations				
d. en facilitant certaines procédures, empêche certains apprentissages élémentaires. Si oui, dans quel domaine ?				

2. La généralisation des calculatrices graphiques nécessite une modification profonde de l'enseignement des mathématiques ...

du point de vue	Tout à fait	Oui	Très peu	Pas du tout
- du comportement du professeur				
En quoi ?				
- des exercices donnés				
En quoi ?				
- du déroulement du cours				
En quoi ?				
- de l'organisation de la classe				
En quoi ?				
- du programme lui même				
En quoi ?				

3. Qu'est ce qui, d'après vous, a eu ou aura beaucoup d'influence sur l'enseignement des mathématiques :

La généralisation des calculatrices scientifiques (4 opérations) ❐

La généralisation des calculatrices programmables ❐

La généralisation des calculatrices graphiques ❐

La généralisation des calculatrices réalisant du calcul formel ❐

Aucun de ses outils n'influence réellement l'enseignement des mathématiques ❐

Quels commentaires plus particuliers voulez-vous faire à propos de cette question ?

IV. Pratique pédagogique

1. Cette année, dans vos classes :

Envisagez-vous de réaliser des activités spécifiques intégrant les calculatrices ?
Oui ❐ Non ❐ Je ne sais pas ❐

Envisagez-vous de réaliser des activités spécifiques intégrant les calculatrices graphiques ?
Oui ❐ Non ❐ Je ne sais pas ❐

Envisagez-vous d'utiliser une calculatrice rétroprojetable ?
Oui ❐ Non ❐ Je ne sais pas ❐

Seriez-vous intéressés par le prêt d'un matériel permettant ce type d'activités (rétroprojecteur, lot de calculatrices graphiques...)
Oui ❐ Non ❐ Je ne sais pas ❐

III. 2. Le bilan du questionnaire

Rappel : on trouvera ici une analyse des éléments significatifs apparus dans le dépouillement (cf. introduction du chapitre 3). Les tris à plats des différentes questions figurent en annexe de ce document.

Nous nous attacherons plus précisément dans ce chapitre à l'analyse des points suivants :

A. L'influence des calculatrices sur l'enseignement des mathématiques. Nous nous intéresserons en particulier à quelques commentaires des stagiaires concernant ce que ne précisait pas notre question : influence positive ou "néfaste" des calculatrices ;

B. L'utilisation des calculatrices par les stagiaires eux-mêmes pendant leur scolarité ; nous croiserons ces résultats avec l'influence qu'ils accordent aux calculatrices ;

C. Les calculatrices outils pour la classe et les modifications en conséquence de l'enseignement des mathématiques ; nous croiserons cela avec ce que les stagiaires disent vouloir réaliser effectivement dans leurs classes ;

D. La construction d'une topographie de la population des stagiaires pour le choix d'un échantillon représentatif.

A. Influence des calculatrices sur l'enseignement des mathématiques

Pour rappel, la question était posée sous la forme suivante :

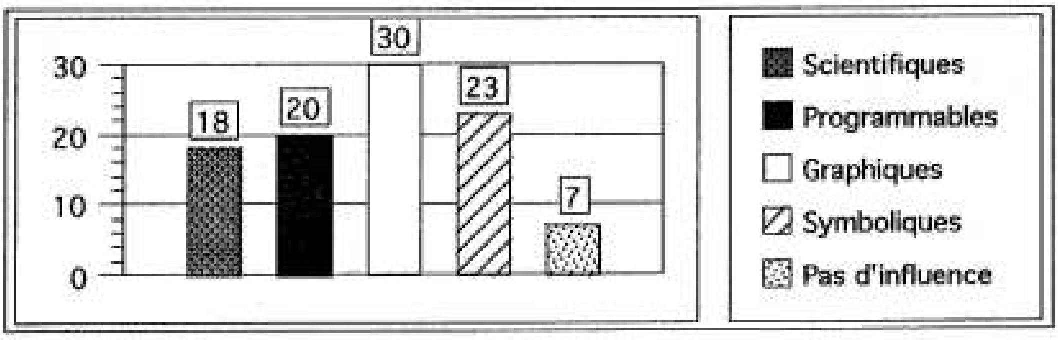
Qu'est ce qui, d'après vous, a eu ou aura beaucoup d'influence sur l'enseignement des mathématiques :

La généralisation des calculatrices scientifiques (4 opérations) ❐
La généralisation des calculatrices programmables ❐
La généralisation des calculatrices graphiques ❐
La généralisation des calculatrices réalisant du calcul formel ❐
Aucun de ses outils n'influence réellement l'enseignement des mathématiques ❐

Quels commentaires plus particuliers voulez-vous faire à propos de cette question ?

Ainsi la forme de la question ne permet pas d'apprécier si les stagiaires imaginent une influence positive ou négative. Cependant leurs commentaires permettront de le préciser dans certains cas.

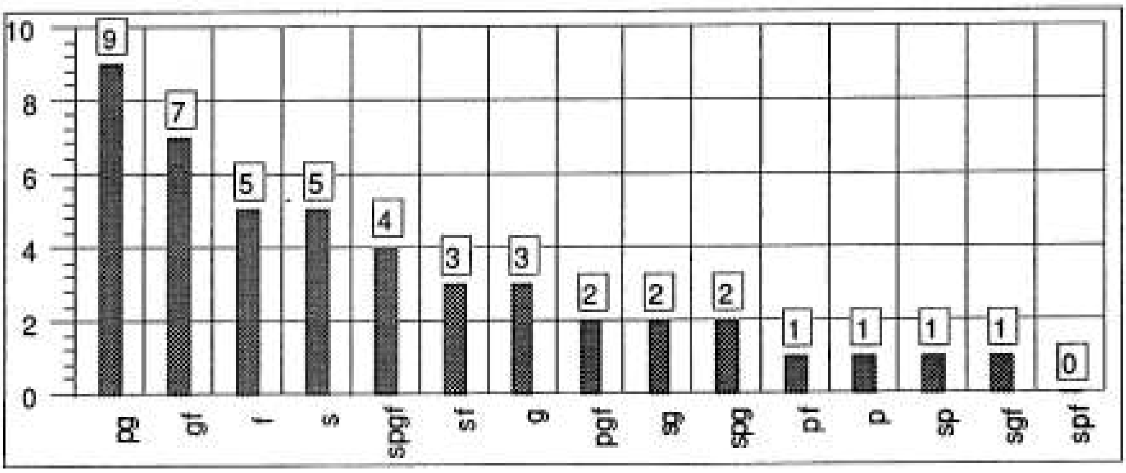
On observe la distribution des réponses sur le diagramme 1 ci-dessous (le total est supérieur à 53 car les réponses aux 4 premières questions ne s'excluaient pas).



Diag. 1. Influence des calculatrices sur l'enseignement des mathématiques.

Les professeurs stagiaires ont placé en tête les calculatrices graphiques, puis symboliques. Pour 7 d'entre eux seulement, il n'y a aucune influence reconnue ou observée.

On peut observer aussi les cumuls de réponses sur le diagramme 2 ci-dessous (on a noté S pour scientifiques, P pour programmables, G pour graphiques, F pour symboliques) :



Diag. 2. Influence des calculatrices sur l'enseignement des mathématiques. Répartition des réponses par groupement.

On peut observer sur ce diagramme que l'aspect "programmation" isolé n'est relevé comme facteur d'influence que par un seul stagiaire. A l'inverse, c'est l'aspect "symbolique" qui arrive en tête, comme facteur d'influence singulier, avec 5 réponses. On peut enfin constater que l'aspect graphique, isolé, n'apparaît que 3 fois. Il est plus souvent associé à d'autres aspects (programmable ou symbolique).

Il reste maintenant à tenter de cerner la nature de cette influence au travers des quelques informations complémentaires données par les stagiaires. Notons celles-ci en essayant de les regrouper selon leur nature :

- <u>une interrogation :</u>

  - un stagiaire, qui constate une influence pour tous les types de calculatrices, s'interroge sans donner de réponse : "*influence positive ou négative ?*" ;

- une opposition sans motif explicite :

- reconnaissant une certaine influence aux calculatrices scientifiques et symboliques, un stagiaire déclare : *"je suis totalement opposé aux calculatrices réalisant du calcul formel"* sans autre argumentation ;

- des éléments d'opposition différenciés :

- *"les tables de multiplication sont perdues"* ;
- *"le calcul mental disparaît"* ;
- *"l'apprentissage de l'algorithmique était intéressant pour les calculatrices programmables mais "l'abus" graphique n'apporte rien"* ;
- *"l'influence des calculatrices graphiques est négative alors que celle des calculatrices programmables est nécessaire et irréversible"* ;
- *"se méfier des effets pervers des calculatrices graphiques"* (sans préciser lesquels) ;
- *"le danger des calculatrices symboliques est d'occulter les notions théoriques"* ;
- *"avec les calculatrices symboliques, il faudra poser des exercices originaux, atypiques et perturbateurs qui ne permettront pas de se familiariser avec les notions mathématiques"* ;
- *"les calculatrices symboliques empêcheront le maniement même "bestial" d'outils mathématiques pourtant nécessaire"* ;
- *"les calculatrices symboliques seront détournées : pompes"* ;

- des avis plus nuancés :

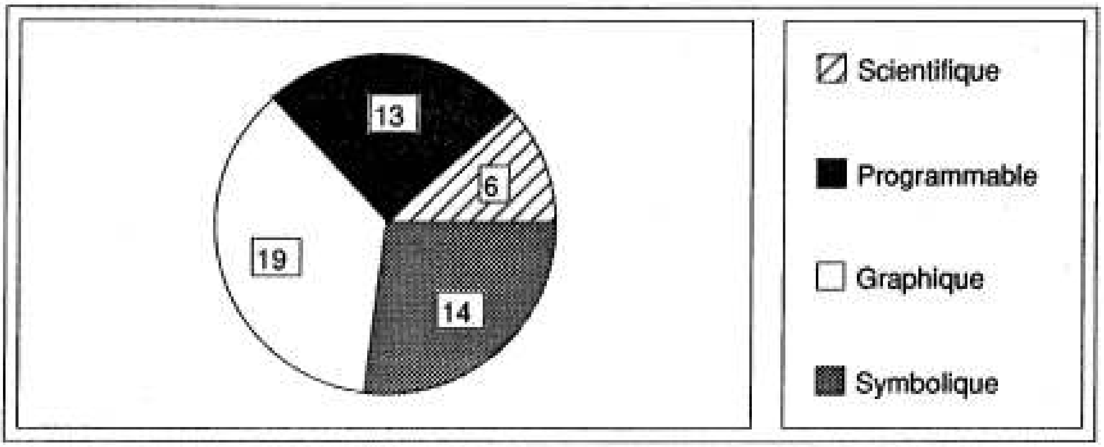
- *"les calculatrices permettent de gagner du temps"* ;
- *"la priorité ne sera plus aux calculs qui peuvent être fastidieux mais à l'analyse"* ;
- *"permettre de vérifier des résultats peut être utile, mais les calculatrices ne doivent pas faire partie des programmes"* ;
- *"les calculatrices symboliques peuvent être avantageuses mais seulement pour des calculs importants"* ;
- *"les calculatrices symboliques influencent surtout l'enseignement supérieur, au niveau secondaire, on peut seulement effectuer des calculs, visualiser des résultats mais démontrer est impossible"*.

- mathématiques et calculatrices, des constats :
- *"à partir de l'ensemble des décimaux, il n'y a plus de mathématiques possibles avec des calculatrices* (aucune influence)*"* ;
- *"les calculatrices : un nouveau canal d'information"* ;
- *"les calculatrices : de véritables dictionnaires mathématiques remplis de théorèmes"* ;
- *"les calculatrices scientifiques et graphiques n'ont pas modifié grand chose à l'enseignement supérieur"*.

Notons enfin qu'un stagiaire qui ne donne aucune réponse pour cette question dit n'avoir *"pas l'expérience nécessaire pour répondre"*. Et un dernier, reconnaissant une influence aux calculatrices graphiques et symboliques, dit penser que celles-ci *"seront de plus en plus interdites pour les interrogations et les concours"*. La liste ainsi dressée des commentaires des stagiaires est conforme à une opinion commune sur l'utilisation des calculatrices, souvent considérées comme des machines à tout faire, empêchant toute recherche et réflexion dans les classes. N'oublions pas que nous sommes au mois d'octobre et que les stagiaires découvrent pour la majorité d'entre eux la réalité d'une classe. L'intégration de nouveaux outils n'est pas pour eux une priorité : avantages, possibilités, inconvénients et difficultés de cette intégration sont mal perçus.

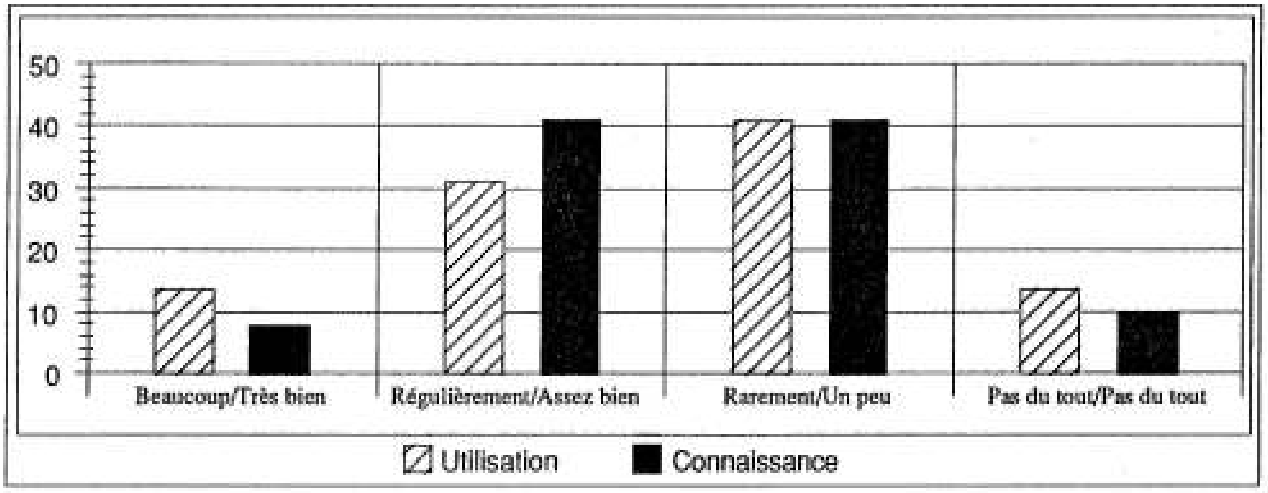
B. Utilisation des calculatrices par les stagiaires

Dans un premier temps nous recenserons ici les différents types de calculatrices que possèdent les stagiaires lors de leur entrée à l'IUFM.



Diag. 3. Calculatrices que possèdent les stagiaires en octobre 1996.

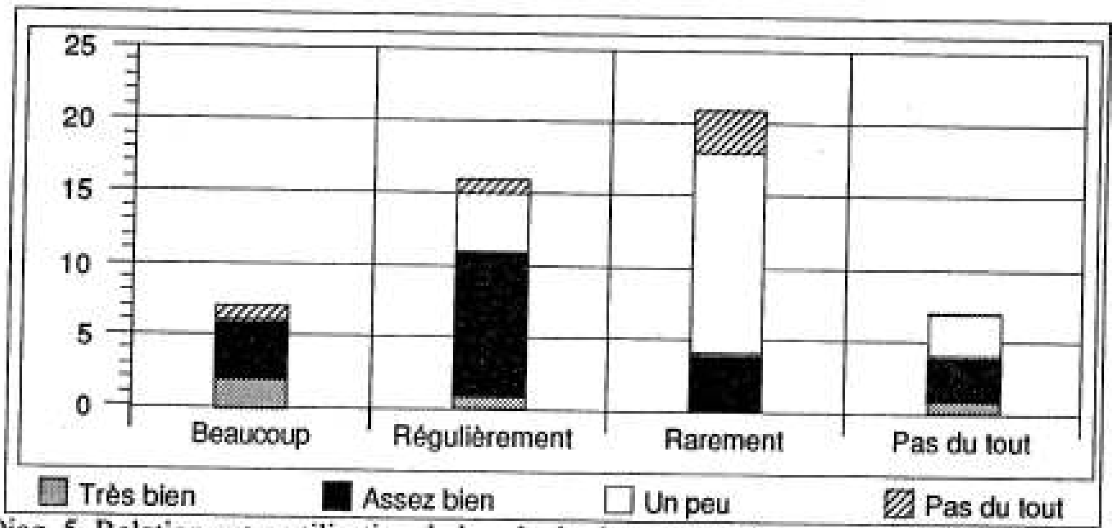
Cette répartition concerne seulement 52 stagiaires sur 53 (l'un d'eux a omis de répondre aux premières questions du questionnaire). Un quart d'entre eux possède une calculatrice symbolique : il s'agit dans tous les cas d'une H.P. acquise pendant le cursus universitaire. Parmi les 52 stagiaires ci-dessus, 4 d'entre eux pensent très bien connaître leur calculatrice, 22 disent la connaître assez bien, 20 disent la connaître peu, 5 disent ne pas la connaître du tout. Nous allons maintenant comparer la connaissance qu'estiment avoir les stagiaires de leur calculatrice et l'utilisation qu'ils en font (diagramme 4 ci-dessous).



Diag. 4. Relation entre utilisation de la calculatrice et connaissance de l'outil (en %)

Notons toutefois que, si le questionnaire permettait de savoir sans ambiguïté quelle connaissance actuelle estimaient avoir les stagiaires de leur calculatrice, il était plus difficile de reconnaître l'utilisation actuelle qu'ils en font. La première question permettait en fait d'établir une chronologie dans cette utilisation (qui ne sera pas étudiée ici). Afin de pouvoir établir des relations avec d'autres paramètres, nous avons choisi d'attribuer à chaque stagiaire une "valeur globale ou moyenne" d'utilisation. Ce choix est-il très pertinent ? Nous l'avons pensé puisque dans la plupart des cas, les réponses se répartissaient sur une (voire deux) catégories. Ainsi, chaque fois qu'il sera fait mention

d'utilisation, c'est cet indice moyen qui sera pris en compte et c'est aussi celui que l'on retrouve en annexe. Pour plus de précision, il aurait sans doute fallu introduire la question : "quelle utilisation faites-vous actuellement de votre calculatrice ?".
Les deux distributions du diagramme 4 ci-dessus se ressemblent (il n'est pas très surprenant d'obtenir deux distribution statistiques en forme de cloche...). Avoir des informations pertinentes suppose de croiser les deux types de réponse pour les 51 stagiaires qui ont répondu aux deux types de question. On observe sur le diagramme 5 ci-dessous ces résultats croisés :



Diag. 5. Relation entre utilisation de la calculatrice et connaissance de l'outil (en effectifs)

Le tableau 1 ci-dessous reprend les mêmes résultats (en effectifs).

	Très Bien	Assez Bien	Un peu	Pas du tout	**Total**
Beaucoup	2 *0,55*	4 *2,88*	0 *2,88*	1 *0,69*	**7**
Régulièrement	1 *1,25*	10 *6,59*	4 *6,59*	1 *1,57*	**16**
Rarement	0 *1,64*	4 *8,64*	14 *8,64*	3 *2,06*	**21**
Pas du tout	1 *0,55*	3 *2,88*	3 *2,88*	0 *0,69*	**7**
Total	**4**	**21**	**21**	**5**	**51**

Tabl. 1. Relation entre utilisation de la calculatrice et connaissance de l'outil.
NB : dans ce tableau et les suivants, les effectifs théoriques sont en italique.
Pour un rappel des différents définitions, voir note de bas de page, page suivante.

La relation entre les deux caractères est parfois surprenante : comment peut-on utiliser beaucoup sa calculatrice et ne pas la connaître (ou estimer ne pas la connaître) du tout ? Ou encore comment peut-on ne jamais l'utiliser et la connaître très bien ? La question qui se pose est de savoir si la connaissance de l'outil est liée à l'utilisation qui en est faite. Nous utiliserons comme test de corrélation entre deux variables qualitatives le test du χ^2.
Nous voulons tester ici l'hypothèse H_0 : les deux variables ne sont pas liées, les proportions d'élèves utilisant beaucoup, régulièrement, rarement ou pas du tout leur calculatrices sont identiques pour toutes les catégories de connaissance de la calculatrice.

Le test du χ^2 est significatif si chacun des effectifs théoriques [21] est supérieur ou égale à 5. L'observation du tableau 1 permet de constater que les effectifs théoriques calculés ne sont pas supérieurs à 5, le test n'est donc pas applicable. Ceci est dû à une trop grande dispersion des stagiaires par catégories. On peut essayer de reprendre le test en effectuant des regroupements de classes :

- utilisation : 1. beaucoup/régulièrement ; 2. rarement pas du tout ;
- connaissance : 1. très bien/assez bien ; 2. peu/pas du tout.

	Très Bien	Un peu	Total
Beaucoup	17 *11,27*	6 *11,73*	23
Régulièrement	8 *13,73*	20 *14,27*	28
Total	25	26	51

Tabl. 2. Relation entre utilisation de la calculatrice et connaissance de l'outil.

- $\chi^2_{obs} = \Sigma \frac{(e_{obs} - e_{th})^2}{e_{th}} = 10{,}40$ à 10^{-2} près ;
- le nombre de degrés de liberté est ici 1.

Au seuil de 5%, on observe $\chi^2_{0,05(1)} = 3{,}84$. Ainsi $\chi^2_{obs} > \chi^2_{0,05(9)}$. L'hypothèse H_0 est rejetée, **utilisation de la calculatrice et connaissance de l'outil sont liées** (ce qui n'exclut pas certaines associations surprenantes, comme nous l'avons constaté plus haut...). Examinons maintenant le rapport entre l'utilisation personnelle de la calculatrice et l'influence estimée de celle-ci sur l'enseignement des mathématiques (nous avons noté précédemment que 7 stagiaires estiment cette influence nulle). On observe la répartition suivante (sur les 51 stagiaires pour lesquels ce croisement est possible):

	Influence nulle	Influence reconnue	Total
Beaucoup/ régulièrement	2 *3,02*	20 *18,98*	22
Rarement/pas du tout	5 *3,98*	24 *25,02*	29
Total	7	44	51

Tabl. 3. Relation entre utilisation de la calculatrice et influence reconnue.

Nous n'effectuerons pas de calcul de χ^2 puisque ici encore les effectifs théoriques calculés sont parfois inférieurs à 5. Notons simplement un plus fort pourcentage (5/29 ≈

---

[21] Rappels théoriques :

- effectif théorique = $\frac{\text{total de la ligne x total de la colonne}}{\text{effectif total}}$;

- $\chi^2_{obs} = \sum_{i,j} \frac{(e_{obs} - e_{th})^2}{e_{th}}$;

- nombre de degré de liberté (ddl): c'est le nombre de "cases" dont il faut connaître la valeur, pour pouvoir compléter le tableau lorsque l'on connaît les totaux marginaux ;
- valeur seuil : nous l'avons choisi de façon classique égale à $\alpha = 5\%$ (0,05). Ainsi si l'on rejette H_0 (ce qui pour nous signifiera que les deux variables sont liées), le risque est celui de commettre une erreur de type α, soit 5% de chance de se tromper en déclarant que les deux variables sont liées. Si l'on accepte H_0 (les deux variables ne sont pas liées) on commettra de toute façon une erreur de type β ;
- test : il consiste à comparer le χ^2_{obs} et le χ^2 théorique, lié au nombre n de degrés de libertés et à la valeur seuil choisie (ici 0,05). Cette valeur théorique est lue dans une table théorique de χ^2. Nous le noterons ici $\chi^2_{0,05(ddl)}$. **Si $\chi^2_{obs} < \chi^2_{0,05(ddl)}$, H_0 est acceptée.**

17,2%) de stagiaires n'accordant pas d'influence aux calculatrices lorsqu'il l'utilisent peu, que celui (2/22 ≈ 9,1%) de stagiaires n'accordant pas d'influence lorsqu'il l'utilisent beaucoup.

Si l'on observe le rapport entre la connaissance de la calculatrice et l'influence estimée de celle-ci sur l'enseignement des mathématiques, on a un résultat similaire, comme en témoigne le tableau 4 ci-dessous : pas de calcul de χ^2 puisque ici encore les effectifs théoriques calculés sont parfois inférieurs à 5, mais on peut noter un pourcentage (4/26 ≈ 15,4%) de stagiaires n'accordant pas d'influence aux calculatrices lorsqu'il la connaissent peu, plus fort que le pourcentage (2/25 ≈ 8%) de stagiaires n'accordant pas d'influence lorsqu'ils connaissent bien la calculatrice.

	Influence nulle	Influence reconnue	Total
Très bien/assez bien	2 *2,94*	23 *22,06*	25
Un peu/pas du tout	4 *3,06*	22 *22,94*	26
Total	6	45	51

Tabl. 4. Relation entre connaissance de la calculatrice et influence reconnue.

Dire "aucune influence" peut indiquer une sorte d'indifférence aux calculatrices. Observons alors pour les 7 stagiaires (qui estiment cette influence nulle) la nature de cette "neutralité" à la lumière des projets éventuels d'utilisation dans les classes :
- les 5 stagiaires utilisant peu leur calculatrice ont une position négative ou incertaine sur l'ensemble des questions concernant la pratique pédagogique ;
- les 2 stagiaires connaissant bien leur calculatrice envisagent soit des activités dès cette année, soit plus tard.

Peut-on en conséquence parler ici de point de vue "neutre" sur les calculatrices ? Ces derniers constats nous amènent à penser qu'il existe peut être un lien plus fort entre la connaissance que l'on a de l'outil et l'utilisation que l'on envisage dans sa classe qu'entre la connaissance que l'on a de l'outil et l'influence qu'on lui accorde sur l'enseignement des mathématiques. Nous poursuivrons donc (dans la partie III.2.c.) en comparant connaissance et utilisation des calculatrices envisagée (utilisation personnelle et utilisation pédagogique dans la classe).

Nous allons tenter d'évaluer si l'influence accordée aux calculatrices sur l'enseignement des mathématiques est perçue positivement ou négativement en considérant les réponses à la question : "pensez vous que la généralisation des calculatrices graphiques soit un atout pour l'enseignement des mathématiques ?". Les réponses se distribuent pour les 49 stagiaires qui ont répondu aux deux questions de la façon suivante :

Atout	Influence nulle	Influence reconnue	Total
Tout à fait/oui	1 *4,86*	33 *29,14*	34
Très peu/pas du tout	6 *2,14*	9 *12,9*	15
Total	7	42	49

Tabl. 5. Relation entre le fait de penser les calculatrices comme un "atout" pour l'enseignement et l'influence reconnue.

Le calcul du χ^2 n'est pas valable ici non plus. Toutefois, le fort pourcentage de stagiaires reconnaissant une influence aux calculatrices et affirmant que celles-ci sont un atout pour l'enseignement nous incite à penser que, même si la question concernant l'influence accordée aux calculatrices ne l'indiquait pas de façon explicite, les stagiaires l'ont comprise généralement dans le sens d'influence positive.

Il faut certes considérer cette comparaison avec prudence : dans la question sur les calculatrices "atout pour l'enseignement", il s'agissait seulement de la généralisation des calculatrices graphiques, alors que dans la question concernant l'influence de celles-ci, les stagiaires ont différencié selon les différents types de calculatrices. Notons par ailleurs que, pour le groupe de stagiaires de l'an passé, il y avait 10/27 = **37%** de réponses indiquant que les calculatrices graphiques étaient un "plus" pour l'enseignement des mathématiques. Cette année, on a 35/50 = **70%** ... Reposant sur l'observation de deux années consécutives, cela ne peut pas être considéré comme une tendance générale. Il faudrait poursuivre l'étude sur une durée plus longue.
Observons maintenant ce que les professeurs stagiaires envisagent de réaliser eux-mêmes dans leurs classes.

C. Les calculatrices, outils pour la classe.

Les réponses données par les 53 stagiaires dans la partie 4 du questionnaire se répartissent comme suit :

Envisagez-vous de faire dans vos classes des activités :	Oui	Ne sais pas	Non
1. cette année avec une calculatrice	26	21	5
2. cette année avec une calculatrice graphique	11	8	34
3. plus tard avec une calculatrice graphique (ou non)	31	18	4

Tabl. 6. Activités prévues pour l'ensemble des stagiaires.

On peut noter que seulement 11 des stagiaires pensent réaliser dès cette année des activités avec une calculatrice graphique, alors que 35 avaient dit : "les calculatrices graphiques sont un atout pour l'enseignement"... On retouve un nombre plus proche de 35 (31 en fait) pour une utilisation des calculatrices plus tard (l'argument étant que beaucoup d'entre eux exercent en collège).

Observons alors la répartition obtenue pour les 22 stagiaires qui sont en lycée.

Envisagez-vous de faire dans vos classes des activités :	Oui	Ne sais pas	Non
1. cette année avec une calculatrice	15	5	2
2. cette année avec une calculatrice graphique	11	7	4
3. plus tard avec une calculatrice graphique (ou non)	13	5	4

Tabl. 7. Activités prévues pour les stagiaires exerçant en lycée.

Les 11 stagiaires ayant déclaré envisager de réaliser dès cette année des activités avec une calculatrice graphique sont bien en lycée.
Il y a une certaine cohérence dans les réponses puisque parmi ces 23 stagiaires en lycée, 11 avaient répondu que les calculatrices graphiques étaient un atout pour l'enseignement des mathématiques. Ce ne sont cependant pas exactement les mêmes 11

personnes : il y a coïncience seulement pour 9 d'entre elles. Les deux autres avaient dit soit : "très peu un atout", soit "pas de réponse". Quant aux deux stagiaires ayant déclaré que les calculatrices étaient un atout mais ne se proposant pas de réaliser d'activité cette année :

- l'un se propose d'en réaliser plus tard ;
- l'autre ni cette année, ni plus tard.

Cette dernière position semble tout de même paradoxale...

On peut, comme nous l'avons fait précédemment, essayer de voir s'il y a une corrélation entre le fait de considérer les calculatrices comme un atout pour l'enseignement et celui d'envisager des activités spécifiques dans sa classe. Nous avons choisi ici pour cette dernière variable la modalité "plus tard", qui permet d'éliminer le facteur "être en collège". Pour les 50 stagiaires ayant répondu aux deux types de question, on observe la répartition suivante :

Atout	Oui	Non	Ne sais pas	**Total**
Tout à fait/oui	23 *20,3*	1 *2,8*	11 *11,9*	**35**
Très peu/pas du tout	6 *8,7*	3 *1,2*	6 *5,1*	**15**
Total	**29**	**4**	**17**	**50**

Tabl. 8. Relation entre la prévision (ou non) d'activités avec calculatrice en classe et l'opinion sur les calculatrices "atout pour l'enseignement" (données regroupées).

Le calcul du χ^2 n'étant pas valable (effectifs théoriques inférieurs à 5), on peut essayer d'opposer les positions positives et celles qui sont soit négatives, soit incertaines.

Atout	Oui	Non/Ne sais pas	**Total**
Tout à fait/oui	23 *20,3*	12 *14,7*	**35**
Très peu/pas du tout	6 *8,7*	9 *6,3*	**15**
Total	**29**	**21**	**50**

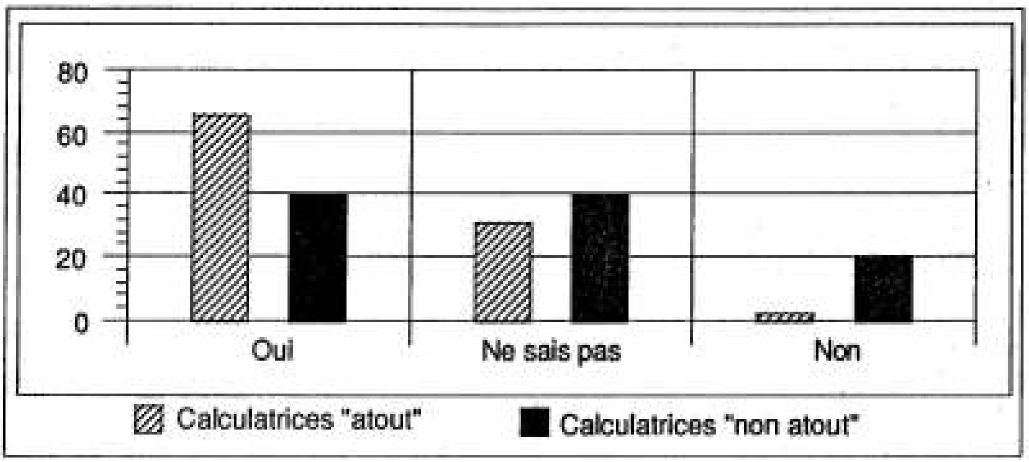
Tabl. 9. Relation entre la prévision (ou non) d'activités avec calculatrice en classe et l'opinion sur les calculatrices "atout pour l'enseignement" (données regroupées).

Le calcul du χ^2 donne $\chi^2_{obs} = 2,85$ et $\chi^2_{0,05(1)} = 3,84$.

Les caractères "envisager de réaliser des activités avec des calculatrices en classe" et "considérer que les calculatrices sont un atout pour l'enseignement" ne sont donc pas liés.

Cette indépendance peut paraître surprenante : cependant on peut imaginer qu'un professeur stagiaire envisage d'intégrer les calculatrices en cours de mathématique "parce qu'il faut le faire", sans que cela ne corresponde nécessairement à une conviction personnelle (i.e. à une idée positive de cette intégration).

Cependant, même si ces deux variables ne sont pas liées, on peut observer sur le diagramme 6 ci-dessous qu'un stagiaire pensant les calculatrices comme un atout pour l'enseignement aura difficilement une position complétement négative quant au fait d'envisager la réalisation d'activités spécifiques !



Diag. 6. Relation entre la prévision (ou non) d'activités avec calculatrice en classe et l'opinion sur les calculatrices "atout pour l'enseignement" (en pourcentage).

Observons maintenant la relation existant entre le fait d'utiliser soi-même beaucoup ou régulièrement sa propre calculatrice et le fait d'envisager des activités spécifiques dans ses classes, plus tard (pour éviter la "perturbation" liée au fait que certains stagiaires sont cette année en collège). On a inclus les 3 stagiaires manquant de l'étude précédente.

Activités spécifiques plus tard ?	Oui	Non/Ne sais pas	Total
Stagiaires utilisant beaucoup ou régulièrement leur calculatrice	17 *13,45*	6 *9,55*	23
Stagiaires utilisant peu ou pas du tout leur calculatrice	14 *17,55*	16 *12,45*	30
Total	31	22	53

Tabl. 10. Relation entre la prévision (ou non) d'activités avec calculatrice en classe et l'utilisation personnelle des calculatrices (données regroupées).

Le calcul du χ^2 donne $\chi^2_{obs} = 3{,}98$ et $\chi^2_{0,05(1)} = 3{,}84$. **Les caractères "utiliser la calculatrice" et "prévoir des activités en classe avec calculatrice" sont donc liés.**

Observons pour terminer le lien qu'il peut y avoir entre connaissance estimée de sa propre calculatrice et prévision d'activités dans sa classe avec les 52 stagiaires pour qui cette comparaison est possible.

Activités spécifiques plus tard ?	Oui	Non/Ne sais pas	Total
Stagiaires disant connaître très bien ou assez bien leur calculatrice	20 *15,5*	6 *10,5*	26
Stagiaires disant connaître peu ou pas du tout leur calculatrice	11 *15,5*	15 *10,5*	26
Total	31	21	52

Tabl. 11. Relation entre prévision d'activités avec calculatrice (plus tard) et connaissance estimée de la calculatrice (données regroupées).

Le calcul du χ^2 donne $\chi^2_{obs} = 6{,}47$ et $\chi^2_{0,05(1)} = 3{,}84$. **Les deux caractères sont liés.**

En conclusion.

Il apparaît ainsi que pour plus de la moitié des stagiaires (35/50), les calculatrices sont perçues comme des outils "positifs" (nous ajoutons cet adjectif à la suite des remarques de notre analyse). 23/50 l'utilisent personnellement "régulièrement ou beaucoup" et 25/50 la connaissent bien ou assez bien ; il y a une relation entre ces deux caractères.
Ils se disent prêts à essayer d'intégrer celles-ci dans leur classe pour un peu plus de la moitié d'entre eux (31/53) dès cette année ou plus tard. Il semble ne pas exister de liaison entre la prévision d'activités spécifiques avec calculatrice dans une classe et la conception que l'on a (atout pour l'enseignement ou non) des calculatrices. Mais il y a une relation entre cette prévision et l'utilisation personnelle de la calculatrice ainsi qu'avec la connaissance estimée que l'on en a.

D. Une topographie de la population observée.

Nous avons essayé de repérer toute la population de professeurs stagiaires suivant deux critères :
- **le degré d'expérience** qu'ils ont des calculatrices ;
- **le degré de positivité** par rapport à l'intégration de ces outils dans la classe.

Pour cela nous utiliserons très précisément les réponses aux questions concernant :

- l'utilisation de leur calculatrice et la connaissance qu'ils estiment en avoir (Q.I.1) pour *déterminer leur degré d'expérience* ;
- le fait que les calculatrices graphiques soient ou non un atout pour l'enseignement (Q.III.1. a) et le fait d'envisager ou non des activités, cette année, avec une calculatrice graphique pour *déterminer leur conception plus ou moins positive* de l'intégration.

Nous avons attribué une valeur de -2 à 2 aux réponses possibles pour les critères mentionnés ci-dessus, avec des coefficients pondérateurs :
- degré d'expérience = note d'utilisation (coef. 1) + 2 note de connaissance (coef. 2) ;
- degré de positivité = note "d'atout" (coef. 1) + note d'activité (coef. 2).

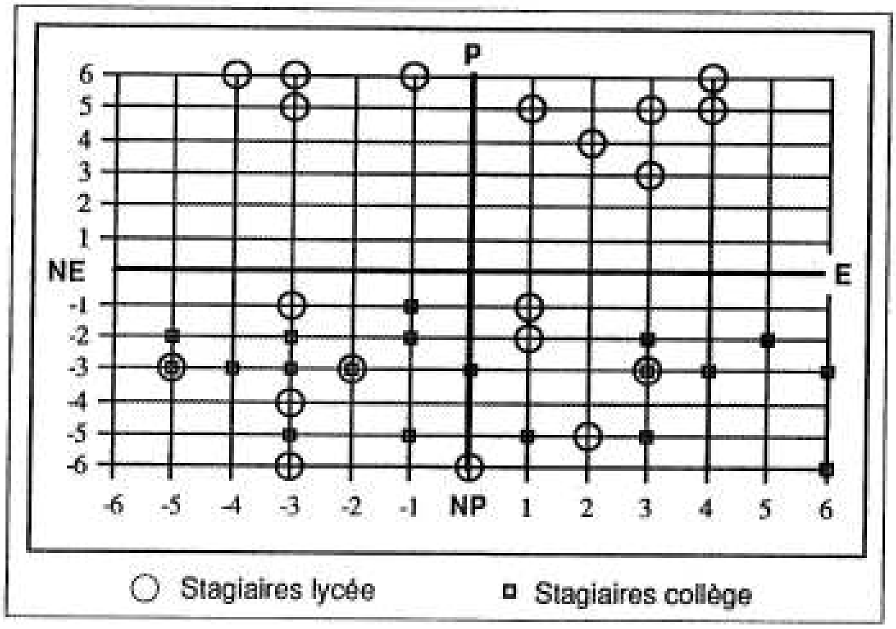
Ces coefficients sont légitimés par les différentes simulations "topographiques" réalisées (ils ont donc une justification a posteriori, liée à la nécessité d'une dispersion suffisante du nuage de points). Ils ont aussi une légitimation a priori :
- pour le degré d'expérience : nous avons vu que les caractères "connaissance estimée de la calculatrice" et "utilisation de la calculatrice" sont liés. L'attribution d'un coefficient plus fort à "la connaissance" ne déforme donc pas beaucoup le nuage. Mais il nous a paru raisonnable d'imaginer que la "connaissance" supposait une maîtrise plus complète de l'outil qu'une simple utilisation (qui peut être relative aux fonctionnalités élémentaires)[22] ;
- pour le degré de positivité : les caractères "concevoir les calculatrices comme un atout" et "prévoir des activités avec calculatrice" ne sont pas liés. Il est donc utile pour le degré de positivité de prendre en compte ces deux caractères. Il nous a semblé utile d'affecter un coefficient plus important à la prévision d'activités qui constitue un engagement plus important : l'affirmation "atout pour l'enseignement" peut en effet constituer un "coup de chapeau" sans conséquence.

De toutes façons, ces degrés d'expérience et de positivité ne sont liés qu'aux affirmations des stagiaires eux-mêmes : il faudra les confronter à leurs réalisations effectives dans la classe.

---

[22] On pourrait faire la même distinction entre "connaître le fonctionnement d'une voiture" et "conduire une voiture". Les deux sont liés évidemment, mais la première connaissance indique sans doute davantage le degré d'expérience.

On obtient pour les 53 stagiaires la distribution suivante (en abscisses le degré d'expérience, en ordonnée le degré de positivité : les coefficients donnent des intervalles maximaux de -6 à 6) :



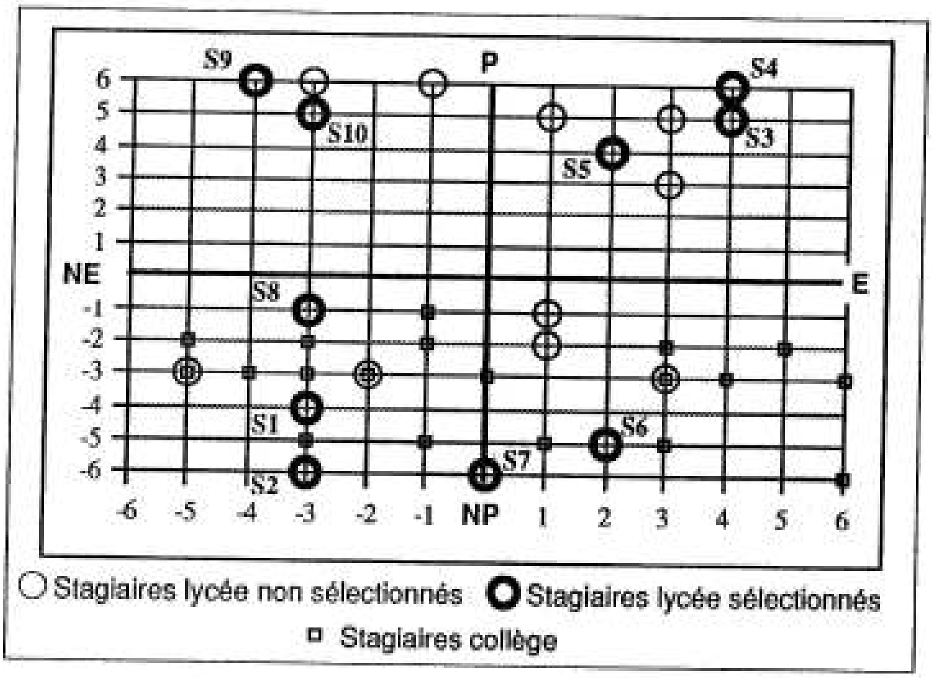
Diag. 7. Répartition des stagiaires selon leur "expérience" et leur "positivité" .

La représentation précédente confirme que les stagiaires exerçant en collège ne sont pas très positifs (par rapport au critères choisis qui donnent une grande importance aux projets d'activités pour l'année en cours).
Nous allons approfondir désormais l'étude avec des stagiaires ayant leur classe en responsabilité en lycée.

III.3. Dispositif d'observation spécifique.

L'analyse des questionnaires a permis de sélectionner des stagiaires dans chacune des catégories que nous avions fixées en II.2.D :
- nous avons tenté de repérer les stagiaires qui nous semblaient "représentatifs" de ces catégories ;
- tous les stagiaires que nous avons sélectionnés sont en stage "en responsabilité" en lycée. Ce choix a été fait pour rapprocher les conditions d'intégration des calculatrices dans la classe.
Il s'agit ici de l'observation "niveau 1" (cf. introduction de III).

Les critères de "représentativité" doivent être précisés : nous voulions disposer à la fois de profils extrêmes (occupant des points limites dans le nuage de points) et de profils moyens, se situant au coeur de chaque quadrant). Nous avons choisi deux ou trois professeurs par catégorie. On aboutit ainsi à la sélection ci-dessous :



Diag. 8. Répartition des stagiaires sélectionnés parmi la population totale .

En fait, le choix des stagiaires s'est fait en début d'année, au moment du dépouillement du questionnaire. Les outils d'analyse de la population n'étaient pas encore tout à fait fixés. La topographie de la population ci-dessus n'avait pas encore été mise sur pied.

On constatera cependant que la représentativité (au double sens défini ci-dessus) de l'échantillon est à peu près convenable, sauf pour la catégorie NP-E (non positif/expérimenté) pour laquelle on ne dispose pas vraiment d'individu extrême (le stagiaire 7 occupe une place charnière entre deux catégories). Cette carence n'est pas très étonnante : cette catégorie était probablement la plus difficilement cernable.

" Non expérimenté et positif " Stagiaire **S9** Stagiaire **S10**	**" Expérimenté et positif "** Stagiaire **S3** Stagiaire **S4** Stagiaire **S5**
" Non expérimenté et non positif " Stagiaire **S1** Stagiaire **S2** Stagiaire **S8**	**" Expérimenté et non positif "** Stagiaire **S6** Stagiaire **S7** *

Tableau des stagiaires " sélectionnés "
(ils ont été "numérotés" pour respecter l'anonymat)

Deux rencontres étaient prévues avec ces stagiaires :
- un entretien individuel, pour vérifier la validité de notre classement et préciser les réponses au questionnaire. On lira page suivante la lettre adressée aux stagiaires sélectionnés (tous ont accepté cet entretien) ;
- une observation en situation de classe, pour mettre en rapport ce qui était dit par les stagiaires et ce qui était effectivement mis en pratique.

Un problème interne à l'IUFM perturbera la suite de l'expérimentation : l'IUFM a souhaité imposer aux stagiaires agrégés la rédaction d'un mémoire (qui n'est pas réglementairement obligatoire pour eux). Ceux-ci ont résisté et refusé tout travail supplémentaire. Certains d'entre eux refuseront dans ce cadre de s'investir dans l'expérimentation que nous leur proposions. Ces problèmes, ajoutés à des incompatibilités de calendriers, feront que l'effectif observé sera diminué de moitié entre les entretiens et les visites de classe.

" Non expérimenté et positif " Stagiaire **S9**	**" Expérimenté et positif "** Stagiaire **S4** Stagiaire **S5**
" Non expérimenté et non positif " Stagiaire **S2**	**" Expérimenté et non positif "** Stagiaire **S6**

Tableau des stagiaires suivis pendant l'expérimentation

On constatera que cet échantillon reste représentatif du point de vue de comportements extrêmes (dans chaque catégorie) plutôt que de comportements moyens.

---

* S7 occupe une position charnière entre expérimenté et non expérimenté (cf. diagramme 8 page 53). On a fait le choix de le "faire pencher" du côté "plutôt expérimenté" en tenant compte de son appréciation personnelle : il estime connaître assez bien la dernière calculatrice en sa possession (cf. entretien avec S7 en IV.1.). Cette distinction -assez artificielle- n'aura pas de trop grandes conséquences, dans la mesure où S7 n'a participé qu'à la première partie de l'expérimentation.

Lettre envoyé aux stagiaires "sélectionnés" avant l'entretien.

INSTITUT DE RECHERCHE SUR L'ENSEIGNEMENT DES MATHÉMATIQUES

UNIVERSITÉ DE MONTPELLIER II

Equipe de recherche IUFM/MAFPEN
René BERNARD, Christian FAURE,
Maryse NOGUÉS, Luc TROUCHE

Montpellier, le 1 Décembre 1996

Aux professeurs stagiaires pressentis
pour participer à l'expérimentation 96/97

Chère collègue, cher collègue,

Vous avez bien voulu accepter notre proposition de travail en commun. Nous vous en remercions. Il s'agit, vous le savez, d'une réflexion sur les conditions de l'intégration des outils de calcul graphique et symbolique dans les classes de collège ou de lycée.

Voici le planning que nous vous proposons :
- début Décembre, nous commencerons par **un entretien de 20 mn (dans le temps de votre présence à l'IUFM) pour préciser les conditions du travail** ;
- nous vous prêterons ensuite **une TI-92 pendant trois semaines** pour que vous puissiez vous familiariser avec son utilisation. Vous bâtirez un scénario d'exploitation de cet outil dans la classe que vous avez en responsabilité : nous pouvons vous aider en vous fournissant des documents, des idées de séquences ;
- nous assisterons pendant la quatrième semaine à **la mise en oeuvre du scénario dans la classe**. Bien entendu, nous pourrons vous donner un coup de main en cas de difficulté technique. Nous ferons un rapide bilan à chaud avec vous ;
- nous laisserons **le matériel à votre libre disposition pendant 15 jours**. Nous le récupèrerons à la fin de cette période en assistant à une dernière heure de cours dans votre classe ;
- enfin nous vous proposerons **un dernier entretien de bilan de 20 mn** début Mars.

Nous sommes conscients des contraintes supplémentaires que cela vous impose. Mais nous sommes aussi convaincus de contribuer ainsi à la préparation de votre vie professionnelle qui aura nécessairement à prendre en compte des outils de calcul encore plus "performants" (et donc problématiques) que ceux d'aujourd'hui.

D'une certaine façon, en rendant service à une équipe de recherche, c'est à vous-mêmes que vous rendrez service !

Avec nos remerciements, nous vous adressons nos cordiales salutations.

Chapitre IV

Le suivi d'un échantillon représentatif

INTRODUCTION

Ce chapitre est consacré au suivi d'un échantillon représentatif de la population des stagiaires (observation "niveau 1", cf. III.).

On trouvera d'abord les entretiens réalisés en Décembre (IV.1.). Après ces entretiens, une calculatrice TI-92 (avec mode d'emploi et tablette de rétroprojection) a été remise a chaque stagiaire, pour familiarisation avant intégration dans la classe. Chaque stagiaire a été, à partir de ce moment, "pris en charge" par un membre de notre équipe qui en devenait le correspondant attitré : il pouvait ainsi être contacté pour une aide de type technologique ou pédagogique.

Environ trois semaines après le retour des vacances ont eu lieu les observations dans les classes. En principe la séance observée correspondait à la séance d'intégration de la TI-92 dans la classe : de ce point de vue, il s'agissait d'une leçon inaugurale. On trouvera en IV.2. un compte rendu d'observation, suivi d'un entretien "à chaud".

A l'issu de cette séance, il a été proposé aux stagiaires de conserver jusqu'à **la fin** de l'année le matériel prêté. Certains ont accepté, d'autres non. Parmi ceux qui ont accepté, certains s'en sont effectivement servi, d'autres non... A la fin de l'année, on a demandé à chacun de tirer le bilan de cette "aventure" en estimant l'évolution réalisée depuis le début de l'année. On trouvera le bilan de ces questionnaires en IV.3.

Il aurait certainement été utile de terminer cette année par un dernier entretien. Hélas les rythmes en fin d'année de chacun, observés et observants, ne l'ont pas permis.

IV.1. Entretiens avec les professeurs stagiaires sélectionnés

(Décembre 1996)

Pour la réalisation des entretiens, le protocole (cf. page suivante) a été adopté par l'équipe de recherche. Cet entretien avait plusieurs objectifs :

- il s'agissait d'abord de préciser les réponses apportées au questionnaire général de début d'année. Les responsables de chaque entretien avaient d'ailleurs sous les yeux les réponses écrites de leur interlocuteur. Cela permettait ainsi de lever des ambiguïtés, de relever des contradictions...
- il s'agissait aussi d'évaluer la pertinence du classement ("expérimenté" ou non, "positif" ou non) ;
- enfin, il s'agissait d'étudier l'existence éventuelle d'un lien entre deux conceptions des stagiaires (celles qu'ils ont des mathématiques et celles qu'ils ont de l'intégration des outils de calcul). L'hypothèse que nous faisions était qu'une conception des mathématiques comme discipline "expérimentale", de recherche, était liée à une conception plus positive de l'intégration des calculatrices et que, à l'inverse, une conception plus abstraite des mathématiques était liée à un refus de cette intégration.

Les entretiens devaient être enregistrés et retranscris fidèlement. On verra que, dans la pratique, une série de problèmes techniques ont empêché le respect strict de ce protocole. Les entretiens qui suivent n'ont donc pas tous le même format. Ils permettent cependant de préciser les réponses données par les stagiaires lors du questionnaire de début d'année sur l'emploi des calculatrices et donc de confirmer leur "classement" .

Chaque entretien sera précédé par une "fiche signalétique" du professeur stagiaire interrogé, reprenant les principaux résultats du questionnaire.

Protocole des entretiens

(1/4 h ou 20')

I / LE MATERIEL & L'USAGE PERSONNEL

• Le matériel : [faire préciser le matériel [23]]

• La connaissance du matériel :

Lancer l'entretien, lever un doute : ont-ils eu à faire avec une calculatrice produisant des images ?

« Vous estimez la {nom de la calculatrice} {appréciation donnée lors du questionnaire} , pouvez-vous nous préciser cette appréciation ?»

Etalonner l'appréciation portée sur le questionnaire

• La pratique de ce matériel :
Cas d'un stagiaire "programmateur" :
- Quel type de programmes ?
- une fonction
- une suite
- l'approx par dichotomie
- un calcul d'intégrales

Lever l'ambiguïté sur l'action de programmer et mesurer la compétence: de la non-programmation (les fonctions) jusqu'à des boucles avec branchements (dichotomie...)

Cas d'un stagiaire pratiquant une calculatrice graphique :
- Avez vous concience :
- qu'une courbe peut avoir plusieurs aspects ?
- que l'on peut agir sur cet aspect ?
- des limites imposée par la technologie ?

S'agit-il d'une compétence élémentaire ?, manipulatoire ? ou conceptualisé ?

II/ CONCEPTION DE L'INTEGRATION

• Conception de l'intégration :
Présenter aux stagiaires leurs réponses à la partie III-1 du questionnaire, solliciter des commentaires. Quel est leur intérêt pour cette intégration ?

Faire préciser ce que le stagiaire entend par "intégration"
Faire valider les réponses données au III .

• Influence des calculatrices :
Faire préciser : influence positive / négative de chacune des évolutions technologiques.

Lever une ambiguité du questionnaire.

Confronter : la conception de l'intégration avec leurs pratiques actuelles et futures.

Relever les inconséquences apparentes entre conceptions et pratiques.

II/ CONCEPTION DE L'ACTIVITÉ MATHÉMATIQUE

Expression libre, faire préciser les éventuelles prises de positions radicales, faire préciser les apparentes contradictions.

• *Pour vous, faire des math, cela représentait quoi, comme étudiant ?*
• *Est-ce que devenir enseignant cela change votre vision des math ?*
• *Faire des math avec les élèves, c'est quoi pour vous ?*
• *Quelle idée des math aimeriez-vous que vos élèves aient ?*

[23] Questions optionnelles si ambiguïtés.

Entretien avec S1 ("non expérimenté-non positif ")

Bilan partiel du questionnaire d'Octobre 1996

Nom de la calculatrice possédée actuellement	**Type de calculatrice**				**Utilisation**			
	S	**P**	**G**	**F**	**Be**	**Ré**	**Ra**	**Pa**
HP				X				X

Estimez-vous connaître la dernière calculatrice en votre possession :
Très bien ❒ Assez bien ❒ Un peu ■ Pas du tout ❒

La généralisation des calculatrices graphiques :	Tout à fait	Oui	Très peu	Pas du tout
a. est un "atout" pour l'enseignement des mathématiques				X
b. rend les élèves plus autonomes				X
c. permet de développer un débat scientifique dans la classe autour de conjectures, de preuves, de réfutations				X
d. en facilitant certaines procédures, empêche certains apprentissages élémentaires. Si oui, dans quel domaine ?	X			

La généralisation des calculatrices graphiques nécessite une modification profonde de l'enseignement des mathématiques du point de vue...	Tout à fait	Oui	Très peu	Pas du tout
- du comportement du professeur				X
- des exercices donnés				X
- du déroulement du cours				X
- de l'organisation de la classe				X
- du programme lui même				X

Qu'est ce qui, d'après vous, a eu ou aura beaucoup d'influence sur l'enseignement des mathématiques :

La généralisation des calculatrices scientifiques (4 opérations) ❒
La généralisation des calculatrices programmables ❒
La généralisation des calculatrices graphiques ❒
La généralisation des calculatrices réalisant du calcul formel ❒
Aucun de ses outils n'influence réellement l'enseignement des mathématiques ■

Cette année, dans vos classes :

Envisagez-vous de réaliser des activités spécifiques intégrant les calculatrices ?
Oui ❒ Non ❒ Je ne sais pas ■
Envisagez-vous de réaliser des activités spécifiques intégrant les calculatrices graphiques ?
Oui ❒ Non ❒ Je ne sais pas ■
Envisagez-vous d'utiliser une calculatrice rétroprojetable ?
Oui ❒ Non ■ Je ne sais pas ❒
Seriez-vous intéressés par le prêt d'un matériel permettant ce type d'activités (rétroprojecteur, lot de calculatrices graphiques...)
Oui ❒ Non ■ Je ne sais pas ❒

Plus tard, dans vos classes :

Envisagez-vous de réaliser des activités spécifiques intégrant les calculatrices ou les calculatrices graphiques et d'utiliser une calculatrice rétroprojetable ?
Oui ❒ Non ❒ Je ne sais pas ■

Minutes de l'entretien avec S1

(Questions et compte rendu : Luc Trouche).

Bon, on vous a remis le papier présentant notre projet... Ça va, ça va, ou non ?

Ça va sur quoi, vous voulez dire ?

Sur ce qu'on vous propose...

Ah, d'accord, non, non d'accord. Bon, déjà, ce qui me choque, "vous avez bien voulu accepter"...

OK. Il y a eu un problème de communication entre l'IUFM et nous... Bon, vous n'êtes pas d'accord ?

Non, sur le principe, ce que je n'admets pas, c'est que certains fassent un travail supplémentaire et pas d'autres... Bon, ça, sur le principe. Et puis sur le fond, les calculatrices, ça a jamais été mon fort, d'ailleurs, c'est pour ça que j'ai été sélectionné, il paraît. J'aime les math., c'est incontestable, mais par contre l'informatique et les calculatrices appliquées aux math....

OK. Bon, je vais vous poser quelques questions sur ce point... Mais là dessus, ce n'est pas tellement du travail supplémentaire... C'est pour nous utile de travailler... les contraintes, on peut même les réduire si vous le voulez... L'intérêt, il est pour nous, mais il est aussi pour vous : de toutes façons, vous aurez affaire avec ce matériel. Donc qu'on vous prête des calculatrices, que vous les rencontriez, c'est de toutes façons pour vous plus une aide qu'un travail. Si vous refusez complètement, bon, ça va, point final. De toutes façons, il n'y a pas d'évaluation, il n'y a pas de note. De toutes façons, tout ce que vous ferez ne pourra qu'être porté à votre crédit : vous aurez accepté de participer à cette expérience là. Ceci dit, vous acceptez ou non, c'est votre affaire.

Bon, mais alors là c'est pour les calculatrices... Mais l'IUFM nous fait un chantage -moi je suis agrégé- l'IUFM nous dit "le mémoire est obligatoire", enfin il est obligatoire sous une forme détournée, c'est que si on le fait pas, on a une mention "insuffisant". Même si je fais preuve de bonne volonté là... je veux dire par là cela ne m'apportera pas grand chose...

Oui, oui, non mais ça...

...

Donc, c'est non ?

Euh... en plus là actuellement je suis en train de faire de la géométrie, je vois vraiment pas comment je pourrais utiliser ça...

En quelle classe ?

En 1ère STI.

A Mermoz, c'est ça ?

Oui...

Oui, mais enfin, ce qu'on vous a proposé... on va le faire en deux vagues, une en Janvier, l'autre en Février. Vous n'allez pas faire que de la géométrie jusqu'en Février. Ensuite, ce qui est possible, c'est qu'il sorte de cette expérience un petit travail collectif, ce serait un mémoire collectif, qui serait fait en collaboration avec l'équipe qui travaille. Ce serait possible que ça se fasse sous cet angle là si ça vous intéressait...

Oui, mais alors il faudrait en reparler à Monsieur Lerouge pour voir les conditions... Là, ce qu'on nous a dit... si ce n'est pas fait, cela serait un "insuffisant".

OK. Donc, si on se met d'accord pour un minimum de bilan fait à partir de ça, et si c'est accepté par l'IUFM, vous accepteriez ?

Faudrait voir les conditions.

OK. Bon, laissons cela de côté...

Indépendamment du mémoire et de ces choses là, les calculatrices, ce n'est pas mon fort...

Oui, on a bien compris... Mais si on travaille qu'avec des gens qui sont d'accord, ce serait bien sûr intéressant, mais c'est aussi intéressant d'avoir les arguments des gens qui sont tout à fait contre... Moi, je ne veux pas vous persuader de l'intérêt des calculatrices, mais recueillir vos idées là-dessus. Bon, on va revenir au questionnaire... Le reste, on en reparlera avec Lerouge, et on fera le bilan ultérieurement.

D'accord.

Donc vous avez rempli ce questionnaire... Est-ce que vous vous rappelez ce que vous avez mis, là...

Non, mais je peux vous le redire...

Juste là : estimez-vous connaître ... vous avez une calculatrice, ou non ?

Alors, là, non...

Mais en général,. vous n'en n'avez jamais eue ?

Ah si, j'en ai eu, des calculatrices. Mais là, je n'en ai pas. Pour faire mes moyennes, j'ai emprunté une calculatrice de poche à mes parents...

Mais il fallait aller jusqu'au bout, il fallait calculer de tête !

Non, mais les calculatrices ont une utilité, ça on ne peut pas aller contre l'informatique... Mais je crois que sur ce plan là, les élèves s'en servent autant que moi... Vu ce que je sais, je n'ai rien à leur apprendre.

On parlera des élèves après. Vous, vous estimez connaître votre calculatrice -la dernière possédée- comment ? Vous aviez quoi ?

Là, je n'en ai plus. Mais la dernière que j'ai eue, c'était une HP-28S, que je connaissais très, très peu.

OK. C'est à dire que... qu'est-ce que vous saviez faire, en gros ? Cette HP, elle est graphique ?

Elle a un tout petit écran. Mais juste avant, j'en avais une qui m'a beaucoup plus servi, quand j'étais en 1ère S, c'était une Casio graphique, et là je trouvais cela intéressant, il y avait un écran beaucoup plus important que la HP, on pouvait faire des graphiques, des choses comme ça, des courbes paramétrées, donc celle-là, je la connaissais assez bien, par contre la 28 S est essentiellement programmable, et j'en faisais rien. Ce qui m'avait bloqué, c'est que j'avais voulu calculer un développement limité de $\frac{\sin x}{x}$ en zéro, et ça m'avait mis "erreur"...

C'est un vieux modèle, non ?

HP 28S, cela se vendait il y a 5-6 ans...

OK. Les développements limités étaient faciles d'accès ?

Tout était à ma portée... Il n'y avait qu'à appuyer sur la touche...

Comme sur les calculatrices symboliques qui sortent aujourd'hui, les TI-92 par exemple. Il faut savoir utiliser les commandes et les menus, contrôler les résultats qui parfois sont surprenants. Mais cela ce n'est pas de la programmation. En programmation, vous avez fait quelque chose, ou jamais ?

Oui, j'étais en prépa, j'ai fait du turbo-pascal...

Ça n'a pas laissé un souvenir impérissable...

Non, déjà je ne m'en souviens plus...

<u>Vous avez fait sup et spé ?</u>

Oui...

<u>Et puis après vous êtes allés à la fac ?</u>

Oui, parce que je voulais intégrer Normale Sup, je n'ai pas pu, je suis allé à la fac préparer l'agrèg.

<u>Pour revenir aux capacités des calculatrices que vous avez possédées, graphiques ou autres, vous avez évoqué des petits problèmes d'erreur, de mauvaise programmation, bref de "bug" pour le développement limité de $\frac{\sin x}{x}$ en zéro par exemple. Sur le plan graphique, est-ce qu'il y a des choses qui vous ont gêné</u>...

Oui, oui, oui, c'est là justement tout le problème. Sur le plan graphique, je me rappelle avoir fait des fonctions, enfin avoir d'abord cherché l'allure de la courbe avec la calculatrice... je voyais rien sur l'écran... la courbe était complètement ailleurs, alors je cherchais pendant une heure où elle était, je cadrais, je recadrais, je finissais par y arriver. Je faisais ça un petit peu par paresse, je dirais. Après je prenais la dérivée, je cherchais le signe, c'était beaucoup plus facile. C'est pour ça, moi, j'en suis resté là. J'en suis resté sur le fait que c'était inutile pour moi. A part évidemment pour des moyennes, des calculs numériques... mais pour des graphiques...

<u>Et pourtant... bon je me fais l'avocat du diable, mais est-ce qu'il n'y a pas un type de problèmes où il y aurait une sorte de complémentarité entre les calculs et la calculatrice graphique... Bon, vous dites, pour certaines fonctions, on dérive, et c'est fini. Mais pour d'autres fonctions, on a beau dériver, on n'a pas plus de renseignement...</u>

Oui, oui, oui mais ces fonctions au niveau scolaire, on ne les rencontre pas. Je veux dire au niveau des interro...

<u>Oui, mais il n'y a pas que les interro... prenons la résolution des équations différentielles : la plupart, on ne peut pas les résoudre par le calcul. Avec une calculatrice graphique, on peut avoir quelques renseignements...</u>

Ah, mais les calculatrices, elles ont du progresser, parce que celle que j'avais...

<u>Ce n'est pourtant pas très compliqué d'écrire un programme de recherche de solutions approchées...</u>

Ah oui, les équations d'Euler, euh non les méthodes d'Euler...

<u>Et c'est pareil pour le calcul approché d'intégrales...</u>

Oui, mais là on dépasse le lycée...

<u>La méthode des rectangles ?</u>

Celle-là, non, non...

<u>Passons aux questions relatives à l'effet des calculatrices sur les élèves,, parce que, que vous en ayez ou non, les élèves en ont. D'ailleurs quand vous étiez en terminale, la plupart des élèves en avaient, non ?</u>

Oui, mais à la fac ou en prépa, on s'en servait plus, c'est ça... dans toutes les études de math. après le bac, je n'ai jamais eu besoin de la calculatrice. C'est pour ça que je suis réticent, parce que...

<u>Mais là, ça a changé. Par exemple l'apprentissage des développements limités a été extrêmement réduit...</u>

Ah bon, je ne sais pas...

<u>Mais ça a changé ces dernières années, dès lors que les élèves ont à leur disposition des outils (logiciels sur ordinateur ou sur calculatrice) qui donnent les développements limités, cela change le type d'apprentissage... Mais revenons au questionnaire. Les</u>

élèves ont des calculatrices donc. Vous vous rappelez quelles questions vous étaient posées à propos de l'effet des calculatrices sur les élèves ? A partir de ces questions, ou d'autres...

Qu'est ce que je dirais en général ? Cela peut les asservir et les empêcher de réfléchir dans certains cas, c'est-à-dire que 8 fois 7, et hop, la calculatrice... Une courbe, alors qu'il y aurait une dérivée simple : calculatrice. Inversement, c'est sûr, une calculatrice peut rendre des services. Mais globalement, je suis plutôt optimiste, au niveau lycée, je pense que la calculatrice nie le réflexe mathématique. C'est ça globalement. C'est peut-être bien pour des gens initiés... Enfin, c'est un point de vue...

C'est bien pour des gens initiés... Je me fais toujours l'avocat du diable... et si c'était le rôle du professeur de math. d'initier, justement... Les élèves, alors, seraient initiés...

Oui, initiés... Seulement moi, j'ai passé une agrégation de math., pas d'informatique...

Oui, mais est-ce-que l'usage des calculatrices n'a pas à voir avec les mathématiques ? Savoir trouver les commandes adéquates dans un menu, contrôler les résultats, ce n'est pas de l'informatique...

Non, mais c'est pas des mathématiques...

Est-ce que vous avez fait du calcul numérique en prépa ? Il n'y a pas de calcul numérique en prépa ?

Actuellement, je ne sais pas. Moi, j'en ai pas fait.

Moi, j'étais en prépa en 72, et on avait 2 heures de calcul numérique tous les 15 jours... On utilisait des tables de calcul numérique. Aujourd'hui on utilise des calculatrices. Au lieu d'aller chercher dans des tables, on appuie sur des touches.

Oui, mais plus j'ai avancé dans mes études, moins les calculatrices étaient présentes. Je verrai les calculatrices comme un outil nécessaire pour aller plus loin : quand les mathématiques s'arrêtent et qu'il y a un certain nombre d'opérations qui sont répétitives, on peut les laisser à la machine, mais je n'ai pas envie d'intégrer cet outil là aux math., je ne vois pas l'utilité que cela peut avoir. Je ne vois vraiment pas.
Bon, initier les élèves à ça... Bon déjà, il faudrait que je m'initie moi-même... Ils en connaissent plus que moi...

Ils en connaissent plus que vous, je veux bien le croire, mais pourtant, il y a plein de choses qu'ils ne savent pas. Vous, si vous voyez apparaître une courbe avec une asymptote bizarre, vous allez dire "il y a quelque chose qui ne va pas là..." ou "je sais que là il devrait y avoir une asymptote, ou "je sais qu'il y a là un problème qui découle des limitations de la machine"... Alors qu'un élève ne le sait pas forcément. Le fait qu'un élève sache sur quelle touche appuyer ne signifie pas pour autant qu'il contrôle l'action et ses résultats...

J'ai jamais pu je crois visualiser une asymptote sur une calculatrice. C'est trop... Parce que une asymptote cela se passe au voisinage de l'infini, en x ou en y, sur une calculatrice, on voit plus rien, les droites ça devient des espèces d'escalier...

C'est peut-être une question de choix de fenêtre. Je suis d'accord avec vous quand vous dites qu'on voit que ce que l'on sait que l'on va voir...

Voilà, c'est ça, c'est ça...

Mais il y a des choses qu'on peut sans doute apprendre. Alors pour terminer, je vais vous poser quatre questions dans l'ordre, elles se recoupent pas mal. La première question, c'est pour vous, faire des math., cela représente quoi, comme étudiant. Ensuite, est-ce que devenir enseignant cela change votre vision des math. ? Faire des math. avec les élèves, c'est quoi pour vous ? Et enfin quelle vision des math. aimeriez-vous que les élèves aient ? On commence donc par la première, faire des math., cela a représenté quoi pour vous, jusqu'à présent ?

C'est-à-dire que faire des math.., c'est déjà en plusieurs étapes. Il y a eu les math. du collège, puis les math.. que j'ai faites au lycée, puis les math. du supérieur... C'est à chaque fois un degré d'abstraction supérieur. C'est arriver à un certain symbolisme cohérent. Bon, mais c'est tout de même assez loin dans les math.., au départ, ça serait... c'est un jeu de l'esprit, euh, l'aspect ludique, c'est plein de choses à la fois, c'est une certaine rigueur, c'est une certaine logique qui a à voir avec le réel ou pas d'ailleurs, on peut avoir un système d'axiomes indépendants, c'est un système cohérent, c'est quelque chose comme ça. C'est plein de choses, quoi... C'est difficile à définir.

<u>C'est sûr. En fait on vous demande là les premières représentations qui vous viennent à l'esprit... Qu'est ce que cela représente le plus pour vous... Et le fait de devenir enseignant ? Les math. comme enseignant, c'est pareil ?</u>

Ben là je me replace en fait du point de vue de l'élève que j'étais. Parce que en étant étudiant, plus ça va, plus on recherche l'abstraction. Donc là, au collège ou au lycée, on retombe forcément... au lycée plutôt... C'est différent. Je me remets un petit peu dans la peau de l'élève que j'étais. Mais c'est vrai qu'il y a un certain nombre de difficultés que je ne vois pas, et qui sont pourtant présentes chez les élèves. Des fois, j'en vois certaines, je vois que tel élève a telles difficultés, mais pour d'autres, je passe au dessus des difficultés puisque ces difficultés sont devenues automatiques. Alors ce ne sont plus des difficultés parce que elles sont devenues des automatismes, et réexpliquer un mécanisme, c'est pas évident, il y a quand même un travail à faire. Donc il y a une rupture entre l'étudiant et l'enseignant. Il y a un travail à penser, il y a un effort à faire.

<u>Mais est-ce que vous pouvez revenir sur l'image des math. ? Comme étudiant, vous en avez parlé, comme prof, qu'est-ce que vous aimeriez donner comme image des math. ?</u>

Qu'est-ce que je veux donner comme image ? Parce que autrement il y a quand même des objectifs, il y a des contraintes, il y a un emploi du temps, il y a l'année scolaire, il y a un programme, donc... il y a un cadre qui nous empêche de faire une grande digression. Bon sinon, globalement, l'image que je voudrais donner des math. aux élèves, mais ça c'est pas facile d'y arriver surtout dans la classe où je suis, c'est que les math., c'est pas une espèce de mécanique réservée aux initiés, un symbolisme curieux qui ne sert à rien, uniquement à embêter les élèves, tout est cohérent, tout a une utilité, en fait au fond les math. c'est une chose très simple, tout a une justification, tout est naturel, voilà, le caractère naturel des math., arriver à les persuader de ça, arriver à les persuader du caractère naturel et intéressant des math..

Mais bon, c'est pas facile, surtout avec les élèves que j'ai, je suis souvent sur les aspects techniques, c'est dur de leur faire passer quelque chose de fin et de joli. Enfin l'image que j'aimerais donner, c'est un certain caractère naturel des choses, une certaine finesse de l'esprit, pas inhérente aux mathématiques, une certaine finesse en général, une certaine rigueur, montrer que faire des math., cela permet quelque part de raisonner juste, leur montrer que cela permet peut-être de... bon, là, j'extrapole un peu, d'être plus impartial, d'être plus juste, bon là je m'éloigne un peu... les math., cela peut avoir des débouchés, ça peut être utile partout dans la vie. Bon, de là à dire que je leur fait passer ça...

<u>Bon, alors, dernière question, quand vous pensez aux profs que vous avez eu, est-ce qu'il y a des profs auxquels vous aimeriez ressembler, ou d'autres auquels vous aimeriez ne pas ressembler du tout... des profs de math. que vous avez eu. Des modèles, des anti-modèles ?</u>

Oui, alors, j'ai eu un prof en prépa qui était très autoritaire, très dur, c'était le cours très théorique, lourd, pénible, bon le formalisme très lourd etc. Bon, là j'ai subi, j'ai un peu perdu mon année. Bon, à l'opposé de ça, je suis contre la tendance de certains à vouloir faire des activités partout, à vouloir s'asseoir autour d'une table ronde et à discuter. Là à mon avis ça ne sert à rien, là on perd son temps aussi. A mon avis, il y a un juste milieu entre le cours magistral et le cours où on donne aux élèves quelques intuitions...

<u>Et vous l'avez eu, ce juste milieu, comme élève ?</u>

Bon au collège, c'est trop loin, je ne m'en souviens pas trop. Au lycée, je n'ai eu que des cours très théoriques. Et dans le supérieur, c'est forcément très théorique. Non, je n'ai pas de modèle idéal de prof... Non, je peux pas dire "je vais essayer de ressembler à tel prof...". J'ai eu d'assez bons profs, mais j'ai jamais eu de prof. auquel j'aimerais ressembler.

<u>Bon, on a fait le tour des questions. Est-ce qu'il y a une question non posée à laquelle vous aimeriez répondre ?</u>

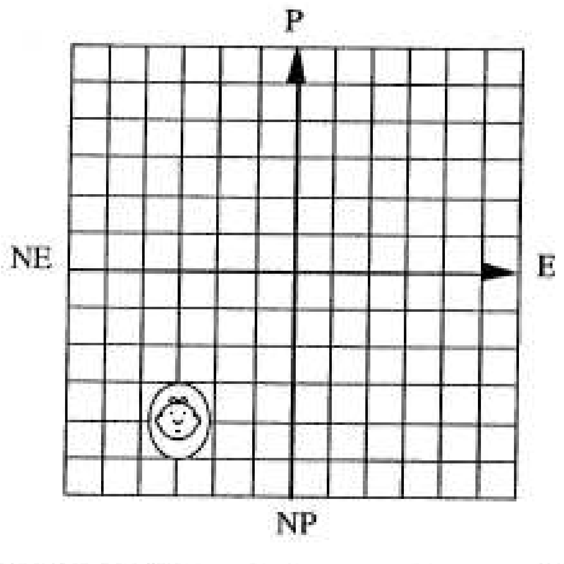
Simplement une question : pourquoi cette enquête ?

<u>On fait cette enquête...</u>

Fin de la cassette enregistrée...

Bilan de l'entretien

On rappelle ci-dessous la localisation S1 dans le nuage de points représentant la population (les coordonnées correspondent en abscisse au degré "d'expérience", en ordonnée au degré de positivité", cf. III.3.).



L'entretien semble bien confirmer le classement non-expérimenté (ce qui est dit sur les difficultés de cadrage des représentations graphiques est assez éloquent) et surtout non positif.

In fine, ce professeur stagiaire a refusé de participer à la suite de l'expérimentation (il fait partie des professeurs stagiaires agrégés ayant refusé de réaliser un mémoire).

Entretien avec S2 (" non expérimenté-non positif ")

Bilan partiel du questionnaire d'Octobre 1996

Nom de la calculatrice possédée actuellement	Type de calculatrice				Utilisation			
	S	**P**	**G**	**F**	**Be**	**Ré**	**Ra**	**Pa**
Casio 7000 G			X					X

Estimez-vous connaître la dernière calculatrice en votre possession :
Très bien ❒ Assez bien ❒ Un peu ■ Pas du tout ❒

La généralisation des calculatrices graphiques :	Tout à fait	Oui	Très peu	Pas du tout
a. est un "atout" pour l'enseignement des mathématiques				X
b. rend les élèves plus autonomes			X	
c. permet de développer un débat scientifique dans la classe autour de conjectures, de preuves, de réfutations		X		
d. en facilitant certaines procédures, empêche certains apprentissages élémentaires. Si oui, dans quel domaine ?				X

La généralisation des calculatrices graphiques nécessite une modification profonde de l'enseignement des mathématiques du point de vue...	Tout à fait	Oui	Très peu	Pas du tout
- du comportement du professeur			X	
- des exercices donnés				X
- du déroulement du cours			X	
- de l'organisation de la classe				X
- du programme lui même				X

Qu'est ce qui, d'après vous, a eu ou aura beaucoup d'influence sur l'enseignement des mathématiques :

La généralisation des calculatrices scientifiques (4 opérations) ■
La généralisation des calculatrices programmables ❒
La généralisation des calculatrices graphiques ❒
La généralisation des calculatrices réalisant du calcul formel ■
Aucun de ses outils n'influence réellement l'enseignement des mathématiques ❒

Cette année, dans vos classes :

Envisagez-vous de réaliser des activités spécifiques intégrant les calculatrices ?
Oui ❒ Non ■ Je ne sais pas ❒
Envisagez-vous de réaliser des activités spécifiques intégrant les calculatrices graphiques ?
Oui ❒ Non ■ Je ne sais pas ❒
Envisagez-vous d'utiliser une calculatrice rétroprojetable ?
Oui ❒ Non ■ Je ne sais pas ❒
Seriez-vous intéressés par le prêt d'un matériel permettant ce type d'activités (rétroprojecteur, lot de calculatrices graphiques...)
Oui ❒ Non ■ Je ne sais pas ❒

Plus tard, dans vos classes :

Envisagez-vous de réaliser des activités spécifiques intégrant les calculatrices ou les calculatrices graphiques et d'utiliser une calculatrice rétroprojetable ?
Oui ❒ Non ■ Je ne sais pas ❒

Minutes de l'entretien avec S2

(Questions et compte rendu : Maryse Noguès).

Vos réponses au questionnaire du mois d'octobre nous ont permis de voir que vous avez une calculatrice graphique ...

Oui...

Que vous utilisez rarement ou pas du tout.

Oui, c'est ça.

Est-ce que vous pouvez expliquer un peu pourquoi cette désaffection.

Disons que je m'en suis servi quand j'ai fait mes études, depuis j'ai pas eu l'occasion de m'en resservir.

Pendant vos études vous vous en êtes servi ?

Ben, en fait, à partir du..., je m'en suis servi surtout en physique, à partir du lycée de moins en moins. En particulier à la fac, presque pas, je m'en suis plus servi du tout, j'ai même oublié comment elle marchait.

Vous dites la connaître un peu...

Oui. Parce que je la connaissais assez bien à l'époque mais depuis, j'avoue qu'il y a certaines choses que je sais plus faire du tout.

Au niveau des fonctions par exemple ?

Et bien la dernière fois, j'avais besoin du nombre x puissance y et je savais plus comment cela marchait.

Rien que cela, déjà c'est un problème ?

Oui.

Et rentrer une fonction ?

Ça j'y arrive encore mais par exemple programmer, plus du tout.

Et utiliser les différentes fenêtres ?

Si je crois que j'y suis arrivé là mais je maîtrise pas.

La programmation ?

Pas du tout.

Les suites ?

Non.

Et les mécanismes internes de calcul, les algorithmes d'approximation ?

Je pense que c'est par série entière, non ? J'imagine.

Il n'y a aucune connaissance par rapport à ce qui peut être algorithme de calcul ?

Non, d'abord à la fac, tout ce qui est analyse numérique, j'ai évité. C'est une partie des maths qui m'a toujours été assez antipathique. On a toujours eu la possibilité d'éviter donc j'ai réussi à éviter.

Quand vous faites une étude de fonction, observer un graphe c'est une aide, un obstacle ?

La machine à calculer ? Pour moi ou pour moi quand je fais cours ?

Pour vous.

J'avoue que pour moi personnellement ce n'est ni une aide, ni un obstacle. Ça peut être une aide éventuellement. En fait je trouve ça assez inutile, je ne fais pas l'effort de le faire. Je trace le tableau de variation, du moment que la fonction n'est pas trop compliquée.

Et si elle est compliquée ?

Ben, je ne rencontre plus de fonctions compliquées, c'est fini. Pour moi, les fonctions que je rencontre maintenant, elles sont simples. Je me suis spécialisé dans une maîtrise algèbre/géométrie avec probabilités, bon sans machine et DEA spécialisé en combinatoire donc j'ai pas besoin de la machine sauf pour éventuellement calculer des grosses factorielles. C'est pour cela que tout ce qui est approximation je ne l'ai pas vu depuis...

C'est presque un domaine qui fait pas partie des maths ?

Ben, ce sont des maths appliquées quand même.

Le calcul c'est des maths appliquées ?

Non, les approximations parce que l'analyse numérique ça fait partie des maths, mais c'est des maths, oui d'accord.

La généralisation des calculatrices graphiques n'est pas du tout un atout pour l'enseignement des maths ?

Non, Non... Non, parce que je pense que d'abord, disons qu'on fait utiliser à nos élèves des machines à calculer qu'ils n'utiliseront jamais dans la vie, jamais dans aucune profession. Si on les faisait travailler sur ordinateur, je dirais : à oui, ça, ça peut être intéressant, ça peut les aider. Mais déjà, je vois pas le but à long terme pour eux de leur faire acheter une machine. Ça pourrait avoir une aide pédagogique mais j'aurais tendance à dire que pour moi c'est plus un danger qu'une aide. Disons que moi même je ne m'en sers jamais et je pense que, je pense pas que ce soit une bonne idée d'introduire les calculatrices sauf évidemment pour les calculs de tous les jours, trouver un logarithme, un cosinus, donc effectivement il vaut mieux qu'ils aient une machine, c'est logique. Mais du point de vue des graphiques, je trouve que cela fausse les choses et en plus je trouve qu'après on est embêté parce qu'au niveau des sujets c'est ...

Les représentations graphiques sont faussées ?

Non, je dis ça fausse les données, c'est à dire ensuite quand on donne un sujet, par exemple un sujet d'étude de fonctions, lorsqu'on sait que certains élèves ont une calculatrice graphique, ils vont voir la courbe tout de suite, le voisin qui l'a pas achetée, il la voit pas. Donc, c'est quand même un petit peu gênant au niveau des élèves, moi cela me gêne personnellement. Sans parler maintenant des calculatrices qui donnent les dérivées, enfin ces choses là. C'est quand même cher. Et puis alors ensuite, on sait plus quel sujet poser car si on accepte qu'ils aient ce genre de calculatrices et qu'on leur demande de tracer la courbe. C'est plus une question. La courbe, c'est uniquement : vous prenez votre machine, vous faites le tracé et vous recopiez sur votre feuille, mais celui qui a pas la machine... Bref, c'est quand même gênant.

Recopier le tracé d'une machine, pour certains élèves c'est pas si facile que ça. En tout cas c'est à tenter. Il n'y a pas d'immédiateté entre l'image qui est donnée et ce que l'élève retranscrit. Et puis il y a énormément de sujets où les courbes sont données.

Et bien, justement je trouve ce genre de sujet complètement absurde.

Alors il vaut mieux faire dessiner la courbe ?

Oui. Non, mais je trouve absurde de donner la courbe et de demander le tableau de variation, enfin bon ça n'a pas de... C'est pas licite d'un point de vue mathématique. Ça peut avoir un intérêt mais on est obligé ensuite de ne donner que ce genre d'étude.

Pourquoi ?

Et bien toujours pour la même raison, parce ce que si on donne une étude de fonction on favorise ceux qui ont une machine. C'est injuste.

De toute manière, en terme de calculatrices, il y a peu d'élèves qui n'en ont pas.

Bien moi, c'est le dixième de mes élèves de seconde. Ils sont originaires de la Z.U.P., leurs parents sont au chômage et il est impensable pour eux d'avoir une calculatrice qui coûte plus de 100F. Il y en a qui n'ont pas de machine du tout. C'est quelque chose qui me gêne énormément, si le lycée avait à sa disposition des calculatrices qui soient prêtées aux élèves à chaque heure de cours, déjà pour moi ça ôterait un des problèmes, un des problèmes majeurs qui fait que l'intégration de ces calculatrices me gêne.

Mais ça c'est quelque chose qui est monnayable.

Deuxième problème pour moi, c'est que chacun a une calculatrice de marque différente, de modèle différent. C'est intraitable çà. Pédagogiquement parlant faire utiliser ces calculatrices aux élèves, c'est à dire faire apprendre à se servir de sa calculatrice.

Tout à l'heure vous parliez d'ordinateur, mais sur les calculatrices et les ordinateurs du point de vue mathématique, ce qui est dessous, c'est la même chose.

Oui, tout à fait, mais au moins cela aurait l'avantage de les familiariser avec l'outil informatique qui est partout. Dans tout métier, il y a des ordinateurs alors que jamais les élèves ne verront de calculatrices graphiques. C'est quand même dommage de ne pas en profiter.

Au niveau du transfert de compétence entre une calculatrice graphique et un ordinateur, il y a des transferts.

D'accord, mais pourquoi ne pas passer directement à l'ordinateur on éviterait un transfert inutile.

Tout le monde n'a pas d'ordinateur et pour l'heure c'est encore plus cher qu'une calculatrice.

Bien sûr, mais il y a quand même un investissement des lycées en ordinateurs qui dorment dans des salles.

Les TI-92 qui viennent de sortir ont des logiciels qui peuvent se retrouver sur un ordinateur.

Tout à fait. Mais on ne trouvera dans aucune entreprise quelqu'un qui aura une TI-92.

Mais en terme d'apprentissage, en physique, c'est pareil, est-ce que dans une industrie on travaille avec les mêmes appareils qui permettent par exemple d'étudier le mouvement d'un objet comme on le fait en cours, est-ce qu'il ne faut pas des outils d'apprentissage ?

Oui bien sûr, mais je pense que l'ordinateur serait un excellent outil d'apprentissage et il serait beaucoup mieux adapté. Enfin bon, c'est un débat... Bref... Enfin c'est ma position.

En tout cas s'il y avait des calculatrices prêtées par l'établissement déjà ça serait mieux.

Oui, ça serait mieux, toutes les mêmes et la même marque.

Dans tous les cas, pour vous, il n'y a pas d'aménagement du cours à prévoir face à la généralisation des calculatrices graphiques ?

Non, parce que moi, ça ne me dérange pas de travailler sans calculatrice. Donc à partir de là.

Mais si on veut les intégrer ?

J'ai pas pris la question comme ça, de façon générale.

<u>En tout cas si on veut les intégrer est-ce qu'il y a des aménagements à prévoir ?</u>

... Je n'arrive pas à imaginer cette généralisation. Déjà uniformiser au niveau des marques, c'est à dire qu'on travaillerait avec une calculatrice. Mais ça bien sûr c'est impossible, puisque finalement, à mon avis personnel, c'est que, en exagérant quand même, je veux pas faire de provocation, c'est que on utilise plus les calculatrices au lycée pour faire marcher certaines boîtes. Certaines entreprises fabriquent des calculatrices et on est bien content de pouvoir les écouler au niveau de l'Éducation Nationale et on veut faire acheter des calculatrices à des élèves inutilement. Moi je sais que dans ma classe de seconde, on leur a dit d'acheter une calculatrice. Le prof de physique leur a dit d'acheter ça, moi je leur ait dit faites ce que vous voulez. Ce sont des élèves qui vont aller certainement pas en 1ère scientifique, bref, c'est un achat inutile pour eux. Et on leur fait acheter ça, bien sûr, c'est plus rentable parce que chaque année, il y a des millions de calculatrices qui se vendent, il y a des marchés. A mon avis, le problème est là.

Si on imposait, si l'Education Nationale imposait cette année telle machine ça soulèverait un tollé au niveau des entreprises, des concurrents. A mon avis c'est un problème de fond, là on touche un truc... C'est pour ça que ces histoires de machines ça me plaît pas quoi. C'est impensable l'Education Nationale ne peut pas dire : voilà l'an prochain, ils utiliseront la TI-80 point... Casio, etc..... Ils vont dire l'Etat Français veut couler..., enfin bref... Et pourtant c'est ça qu'il faudrait faire, il est impensable de demander à un professeur de se tenir au courant du fonctionnement de telle ou telle machine pour pouvoir aider tous les élèves de sa classe. Donc on en arrive à un à peu près.

<u>Par rapport à tout ça donc il n'y a pas d'intégration possible ?</u>

Pas d'intégration disons à mon avis, efficace et rentable pour l'élève. Pour l'élève, je préférerais qu'on passe par des ordinateurs. Parce qu'au niveau des ordinateurs la marque ne joue pas un rôle important, c'est plutôt un programme. L'établissement a des ordinateurs, alors que là chaque année de nouvelles calculatrices sortent, on ne s'en sortira pas.

<u>Est-ce que vous connaissez un peu toutes les calculatrices en général ?</u>

Non, la mienne non et les autres non plus. La Casio 7000 que j'ai toujours. En math. sup. et math. spé., j'ai vu des HP. avec des matrices puis je ne sais quoi là. Mais actuellement je sais qu'aujourd'hui il y a un problème. J'ai entendu parler une personne disant qu'il y a actuellement de nouvelles machines qui permettaient de...

<u>Faire du calcul formel ?</u>

Oui et pire de communiquer d'une machine à une autre, et de communiquer à l'extérieur. Et j'ai entendu un deuxième écho qui expliquait qu'en fait la machine ne proposait pas que de communiquer à 30 cm mais en remplaçant, bon je sais pas quoi, permettait de communiquer à plus de distance. C'est à dire que pour le bac, (il) peut faire passer tout son sujet, il recevra la correction. Et moi, l'écho que j'en avais c'était que le ministère envisageait sérieusement d'interdire toute calculatrice pour une session à venir. Donc je sais que ces choses là existent.

<u>Vous dites que les calculatrices graphiques et symboliques influencent ou influenceront l'enseignement des maths, influence positive ou négative ?</u>

Les calculatrices réalisant du calcul formel à mon avis donc ont une influence négative, ça rejoint ce que j'ai dit déjà. Les calculatrices scientifiques, 4 opérations, oui ça a énormément influencé, en bien et en mal. Oui, en bien, on n'a plus besoin de la règle à calcul, des tables de log, etc. En mal, c'est parce que les élèves tapent 2 fois 3 sur leur calculatrice, ne savent plus leurs tables de multiplication. Ils ont un problème, ils achètent une calculatrice et ils savent pas lire le résultat.

Il ne faut pas leur apprendre ?

Si, oui, il faut leur apprendre, à partir du moment où on admet la calculatrice, où ils les ont.

Oui, vous avez dit quand même qu'il fallait prévoir du temps pour les machines.

Oui, maintenant quelles sont là il faut bien s'en servir.

A ce moment là pourquoi êtes vous totalement opposé a faire des activités spécifiques intégrant les calculatrices, aussi bien cette année que plus tard ?

C'est à dire parce ce que moi je ne fais pas d'activité spécifique, j'explique en seconde ce qui pour moi leur est vraiment nécessaire pendant l'année. C'est à dire savoir lire sur une calculatrice, savoir taper une racine, un sinus, cosinus et savoir lire une notation scientifique mais ce n'est pas ce que j'appellerais une activité spécifique. Mais je les pousse pendant l'année à l'utiliser uniquement quand ils en ont vraiment besoin, c'est à dire si ça ne va pas à l'encontre de mon cours. Puisque je pense, par exemple, que pour les fonctions, pendant les premiers cours, je leur interdirai la calculatrice, pour qu'ils aient assimilé la notion de fonction qui est une notion abstraite, parce qu'ensuite ils pensent qu'une fonction c'est une courbe. Donc c'est pour ça que je l'interdirai.

Une fonction peut être définie à travers sa courbe, on aurait bien du mal à l'écrire sous une autre forme parfois.

Tout à fait d'accord, mais introduire les choses comme cela au début du cours sur les fonctions, c'est pas comme ça que je considère, que je me représente l'introduction de la notion de fonction. Mais disons je suis tout à fait d'accord pour que quelqu'un le fasse comme ça. Moi personnellement, je vais pas le faire comme ça. Parce ce que justement on a..., je trouve regrettable qu'on ait peu à peu supprimé systématiquement tout ce qui était abstrait, en se disant qu'ils sont trop bêtes pour le comprendre. Parce ce que c'est pas vrai et qu'il faut pas les sous-estimer et qu'il faut pas leur dire une fonction, c'est une courbe. Je pense qu'ils sont capables et que c'est formateur pour eux de comprendre d'abord la notion de fonction et ensuite de leur dire : bon bien voilà, votre calculatrice va vous permettre de vérifier le résultat ou avec votre calculatrice, on pourra faire une activité. Mais ça dépend du niveau, bon moi je l'envisage pas sur cette année.

Avec tout ça, on vous propose quand même de participer à notre recherche et de faire des activités avec une calculatrice.

Oui, j'ai remarqué.

Notre objectif c'est de voir aussi comment ces activités peuvent fonctionner.

Par contre je ne suis pas contre le fait de faire une expérience. C'est important de le faire.

Donc, vous êtes pour ?

C'est à dire pour... ça ne m'enchante pas du tout.

C'est pas grave.

Mais je pense que je serais de mauvaise fois si j'ai une opinion et si je refuse. Avec l'expérience, on verra comment cela se passe. Enfin si je l'accepte c'est aujourd'hui, c'est pas quand j'ai rempli le questionnaire ("référence à la lettre"). Enfin, ça m'enchante pas cela fera une contrainte, cette année dans ma classe il y a déjà beaucoup de personnes qui viennent. Ils se disent est-ce qu'on n'est pas un peu des cobayes... C'est pas très agréable.

Notre équipe en tout cas ne fait pas partie de vos censeurs et cela ne sera pas compté pour votre évaluation... De façon plus générale, faire des mathématiques, c'était quoi pour vous jusqu'à présent ?

Je ne sais pas ce que cela veut dire faire des mathématiques. Moi, je fais de la recherche en combinatoire.

<u>C'est essentiellement faire de la recherche ?</u>

Ah non, non, pas du tout. Je fais des mathématiques quand je fais de la recherche, je fais des mathématiques quand je suis dans ma classe.

<u>D'ailleurs est-ce que le fait de faire des mathématiques dans la classe ou en faisant de la recherche c'est différent ?</u>

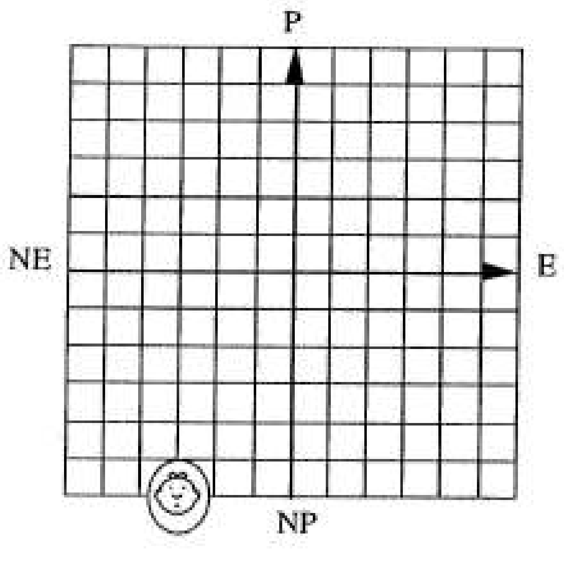
Relativement puisque en recherche il faut improviser, et en plus je fais de la recherche tout seul et dans ma classe je suis un programme. Quand je fais de la recherche, je ne sais pas où je vais, dans ma classe, je sais où je vais en général. En recherche je suis en dessous du savoir, dans ma classe je suis au dessus. Mais c'est toujours des mathématiques donc les raisonnements sont les mêmes.

<u>Quelle image souhaiteriez vous que vos élèves aient des mathématiques ?</u>

J'aimerais, voeu pieux pour l'instant, cette année en tout cas, qu'ils apprécient, disons qu'ils considèrent les mathématiques comme une formation à l'esprit..., qu'ils considèrent qu'ils forment leur esprit, qu'ils se bâtissent un esprit rigoureux, un esprit créatif, un esprit d'argumentation et surtout, encore mieux, un esprit de jeu de l'esprit, voilà. J'aimerais qu'ils se rendent compte que par l'intermédiaire des mathématiques c'est finalement leur esprit de tous les jours qui est formé et que finalement ce qu'on leur apporte c'est la même chose que ce qu'ils font en Français, en Langue, mais ici c'est sous un couvert mathématique.

Suivent certaines mises au point sur les calculatrices et le calendrier. Le stagiaire demande s'il pourra disposer d'une aide pour les séquences et s'il pourra utiliser les calculatrices lorsqu'il étudiera les fonctions dans sa classe en fin d'année. Intéressant par rapport à toute sa diatribe contre les courbes... (non enregistré).

Bilan de l'entretien.



Beaucoup d'arguments économiques contre les calculatrices. On perçoit une assurance dans la forme du discours mais pas forcément dans son fondement. Le classement " non expérimenté, non positif " (a priori) semble parfaitement justifié.

Malgré toutes ses résistances, le stagiaire n'est pas opposé à l'expérimentation : **on trouvera le compte-rendu de l'observation d'une séance dans sa classe en IV.2.**

Entretien avec S3 ("expérimenté- positif ")

Bilan partiel du questionnaire d'Octobre 1996

Nom de la calculatrice possédée actuellement	**Type de calculatrice**				**Utilisation**			
	S	**P**	**G**	**F**	**Be**	**Ré**	**Ra**	**Pa**
Casio 7000 G				X	X			

Estimez-vous connaître la dernière calculatrice en votre possession :
Très bien ❐ Assez bien ■ Un peu ❐ Pas du tout ❐

La généralisation des calculatrices graphiques :	Tout à fait	Oui	Très peu	Pas du tout
a. est un "atout" pour l'enseignement des mathématiques		X		
b. rend les élèves plus autonomes			X	
c. permet de développer un débat scientifique dans la classe autour de conjectures, de preuves, de réfutations	X			
d. en facilitant certaines procédures, empêche certains apprentissages élémentaires. Si oui, dans quel domaine ?		X		

La généralisation des calculatrices graphiques nécessite une modification profonde de l'enseignement des mathématiques du point de vue...	Tout à fait	Oui	Très peu	Pas du tout
- du comportement du professeur	X			
- des exercices donnés	X			
- du déroulement du cours		X		
- de l'organisation de la classe			X	
- du programme lui même		X		

Qu'est ce qui, d'après vous, a eu ou aura beaucoup d'influence sur l'enseignement des mathématiques :

La généralisation des calculatrices scientifiques (4 opérations) ❐
La généralisation des calculatrices programmables ■
La généralisation des calculatrices graphiques ■
La généralisation des calculatrices réalisant du calcul formel ■
Aucun de ses outils n'influence réellement l'enseignement des mathématiques ❐

Cette année, dans vos classes :

Envisagez-vous de réaliser des activités spécifiques intégrant les calculatrices ?
Oui ■ Non ❐ Je ne sais pas ■
Envisagez-vous de réaliser des activités spécifiques intégrant les calculatrices graphiques ?
Oui ■ Non ❐ Je ne sais pas ❐
Envisagez-vous d'utiliser une calculatrice rétroprojetable ?
Oui ❐ Non ❐ Je ne sais pas ■
Seriez-vous intéressés par le prêt d'un matériel permettant ce type d'activités (rétroprojecteur, lot de calculatrices graphiques...)
Oui ■ Non ❐ Je ne sais pas ❐

Plus tard, dans vos classes :

Envisagez-vous de réaliser des activités spécifiques intégrant les calculatrices ou les calculatrices graphiques et d'utiliser une calculatrice rétroprojetable ?
Oui ■ Non ❐ Je ne sais pas ❐

Minutes de l'entretien avec S3

(Questions et compte rendu : Christian Faure).

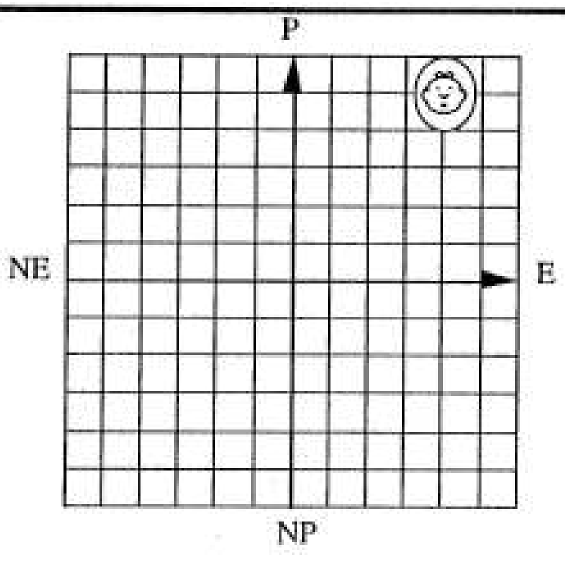
Usage et compétence.

• En possession d'une HP-28S, il se positionne comme un élève qui avait une calculatrice dans des classes où la majorité des élèves n'en avaient pas ; il s'agit donc d'unne connaissance empirique.
• Il ne comprend pas quand on évoque les multiples aspects de la représentation d'une même fonction ; il connaît certes le fenêtrage mais ne semble pas bien cerner les invariants de ces changements de fenêtrage, ni les contraintes dûes à la discrétisation, ce qui semble indiquer une compétence assez superficielle.
• Il dit avoir fait un usage assez intense du calcul matriciel en mécanique.

Conception et intégration.

1.a) Les calculatrices sont perçues comme un atout car elles permettent de voir la courbe avant tout calcul et permettent de développer des conjectures.
d) Les arguments négatifs évoqués sont classiques : la calculatrice permet d'éluder des mémorisations nécessaires, le calcul des dérivées donne accès directement au tableau des variations.
2) Il pense que le professeur doit être à même de répondre aux demandes d'informations quant à la manipulation des divers modèles. Quant à l'adaptation du cours à cette technologie, il pense qu'il faut laisser les élèves utiliser leurs machines au sein d'activités mais que ces activités n'ont pas à se référer explicitement à la calculatrice. Il n'exprime aucun avis sur la rétroprojection d'une calculatrice puisqu'il n'en dispose pas et n'a aucune expérience de cet outil.
3) L'apparition des calculatrices graphiques est ressentie comme le fait le plus marquant, elle est perçue positivement. Quant aux calculatrices symboliques, il pense qu'elles resteront cantonnées dans le supérieur car d'une utilisation trop complexe (on peu penser que cette idée est liée à la complexité de la calculatrice possédée, HP-28S).

Conception des math.
- comme élève : jeu et plaisir de chercher ;
- comme prof : faire passer : 1) l'utilité 2) le plaisir 3) le caractère esthétique ;
- pourquoi enseigner les mathématiques : elles construisent des savoirs et des méthodes transférables à d'autres domaines



Bilan de l'entretien

Ce professeur apparaît positif mais ne semble pas avoir cerné les difficultés didactiques ni les conséquences (même les plus élémentaires) de la "transposition informatique ". Le qualificatif " expérimenté " est relatif à la perception que S3 a de ses propres compétences. On peut noter aussi que la conception de l'intégration développée ici paraît très restrictive.

Il n'y aura pas d'observation dans la classe pour des raisons de calendrier.

Entretien avec S4 (" expérimenté, positif ")

Bilan partiel du questionnaire d'octobre 1996

Nom de la calculatrice possédée actuellement	Type de calculatrice				Utilisation			
	S	P	G	F	Be	Ré	Ra	Pa
Casio fx 8800		X			X			

Estimez-vous connaître la dernière calculatrice en votre possession :
Très bien ❒ Assez bien ■ Un peu ❒ Pas du tout ❒

La généralisation des calculatrices graphiques :	Tout à fait	Oui	Très peu	Pas du tout
a. est un "atout" pour l'enseignement des mathématiques	X			
b. rend les élèves plus autonomes		X		
c. permet de développer un débat scientifique dans la classe autour de conjectures, de preuves, de réfutations		X		
d. en facilitant certaines procédures, empêche certains apprentissages élémentaires. Si oui, dans quel domaine ?		X		

La généralisation des calculatrices graphiques nécessite une modification profonde de l'enseignement des mathématiques du point de vue...	Tout à fait	Oui	Très peu	Pas du tout
- du comportement du professeur		X		
- des exercices donnés		X		
- du déroulement du cours		X		
- de l'organisation de la classe				X
- du programme lui même			X	

Qu'est ce qui, d'après vous, a eu ou aura beaucoup d'influence sur l'enseignement des mathématiques :

La généralisation des calculatrices scientifiques (4 opérations) ■
La généralisation des calculatrices programmables ■
La généralisation des calculatrices graphiques ■
La généralisation des calculatrices réalisant du calcul formel ❒
Aucun de ses outils n'influence réellement l'enseignement des mathématiques ❒

Cette année, dans vos classes :

Envisagez-vous de réaliser des activités spécifiques intégrant les calculatrices ?
Oui ■ Non ❒ Je ne sais pas ❒
Envisagez-vous de réaliser des activités spécifiques intégrant les calculatrices graphiques ?
Oui ■ Non ❒ Je ne sais pas ❒
Envisagez-vous d'utiliser une calculatrice rétroprojetable ?
Oui ■ Non ❒ Je ne sais pas ❒
Seriez-vous intéressés par le prêt d'un matériel permettant ce type d'activités (rétroprojecteur, lot de calculatrices graphiques...)
Oui ■ Non ❒ Je ne sais pas ❒

Plus tard, dans vos classes :

Envisagez-vous de réaliser des activités spécifiques intégrant les calculatrices ou les calculatrices graphiques et d'utiliser une calculatrice rétroprojetable ?
Oui ■ Non ❒ Je ne sais pas ❒

Minutes de l'entretien avec S4

(Questions et compte rendu : Luc Trouche).

<u>C'est juste l'occasion de revenir sur les questionnaires qui ont été remplis...</u>
OK.

<u>Alors est-ce que tu te rappelles ce que tu avais rempli dans le questionnaire, en particulier sur la connaissance de la calculatrice possédée ?</u>
Je crois que j'avais mis assez bien, c'était entre assez bien et très bien...

<u>OK.</u>
... pour celle que je possède.

<u>Et celle que tu possèdes, c'est quoi ?</u>
Une Casio Fx 8800.

<u>Et quand tu dis entre assez bien et très bien, cela veut dire quoi ?</u>
C'est à dire que ce modèle en particulier a certaines spécificités, les manières de faire des graphes, des "trace", ne sont pas les mêmes d'une machine à une autre, et celle-là je ne l'ai pas beaucoup manipulée, mais j'en ai eu d'autres. Disons, le principe, ça, je le connais très bien, mais cette machine là, il y a certaines séquences de touches qu'il faudrait que je me remémore. J'aurais peut-être besoin d'un petit peu de temps pour me rappeler comment on change d'échelle, comment on fait un zoom, comment on fait différentes choses...

<u>D'accord...</u>
Des détails de manipulation...

<u>OK. Et en quelques phrases, savoir se servir d'une calculatrice graphique, cela veut dire quoi, une calculatrice graphique et programmable ?</u>
Savoir faire tout ce qu'il y a dans le mode d'emploi en fin de compte, je ne parle pas de connaître les limites de la machine, les problèmes de discrétisation, etc., les problèmes que l'on rencontre quand on utilise les calculatrices. Je ne parle pas de cet aspect là. Je les connais un petit peu, je les ai vu avec Christian, et je les connaissais un petit peu, mais je pensais à tout ce que l'on peut faire avec cette calculatrice...

<u>C'est à dire ? Si tu pouvais résumer tout ce que l'on peut faire avec une calculatrice, cela serait quoi ?</u>
Au niveau graphique par exemple pouvoir être capable de tracer n'importe quel type de fonction, de visualiser n'importe quelle portion de la courbe, de faire des changements d'échelle adéquats, pouvoir zoomer ou se déplacer de manière intelligente, savoir trouver un point d'intersection, un maximum etc. avec la fonction, quoi d'autre...

<u>Et la programmation par exemple ?</u>
La programmation, au niveau graphique, il n'y a pas grand chose, on rentre la fonction, et c'est tout. La programmation, je connais mieux parce que j'ai eu des machines en main, les générations avant les graphiques, où là c'était vraiment la caractéristique essentielle, les HP15C, je les ai eu en main, y compris des générations encore plus anciennes. Tout ce qui est programmation, je connais bien. Puis la Fx, c'est un genre de Basic très simple, j'ai fait de la programmation sur ordinateur, cela pose bien le problème.

<u>Et l'aspect programmation sur la Casio fx 8800...</u>
Cela ne pose aucun problème ; je ne me rappelle plus s'il faut mettre un point virgule ou un point à tel endroit, ce genre de choses, mais je le retrouverai vite en cas de besoin.

<u>Quels sont les programmes que tu as en tête ?</u>

Résolution approchée d'équations par différentes méthodes, Newton, ou par dichotomie, toutes les méthodes classiques qu'on peut imaginer ; les résolutions de systèmes, dans pas mal de machines, c'est résident, là ce n'est pas le cas, on pourrait programmer ça par les déterminants par exemple. Quoi d'autres... des trucs de calcul numérique, par exemple la résolution d'équations différentielles, j'en ai jamais fait, mais c'est possible, l'analyse numérique, un peu plus sophistiqué, mais la machine n'est pas faite pour, les problèmes d'optimisation...

<u>Des calculs approchés d'intégrales...</u>

Des calculs approchés d'intégrale, par la méthode des trapèzes, de Simpson, oui, bien sûr, c'est essentiel...

<u>Sur la Casio fx 8800, il y a des calculs automatiques d'intégrales préprogrammés ?</u>

Non, il faudrait le faire. Sur la machine que j'avais avant, cela était présent, il y avait tout ce qui fallait. Mais la Casio, je l'ai prise parce qu'elle était graphique. En analyse numérique, c'est vrai qu'elle n'est pas très performante.

<u>Ça, c'était le premier point. Le deuxième point, tu en as déjà parlé avec Christian, les limites des calculatrices graphiques et programmables d'aujourd'hui. Si tu avais à les présenter en quelques phrases à un élève ou à quelqu'un qui n'est pas trop au courant, que dirais-tu ?</u>

Il y a déjà les problèmes d'arrondis qui peuvent paraître négligeables parce que cela concerne des décimales qu'on ne voit pas sur l'écran, mais qui peuvent, dans certaines formules aboutir à des écarts avec les résultats exacts très importants, on peut donner des exemples de ça, pour le mettre en évidence ; et les problèmes de discrétisation, c'est à dire que la machine, par exemple sur les graphes, ne trace que des graphes point par point, pas des graphes continus, cela aussi cela peut poser des problèmes avec des fonctions un peu biscornues, on peut rater des portions de courbe, on peut avoir l'impression que l'on a une droite alors que l'on a une sinusoïde ou ce genre de chose, donc les problèmes de discrétisation. Tout cela ça se résume au fait que la calculatrice ne manipule que des décimales...

<u>Et par exemple comment cela se fait qu'il y ait des asymptotes verticales, et des fois il n'y en ait pas ?</u>

Ouais... ça aussi je l'ai vu avec Christian[24]. Elle relie des points entre eux, je crois qu'il y a des options pour désactiver cela. Le problème est que si elle relie des points qui sont sur des colonnes voisines, l'un en haut, l'autre en bas, elle va faire un trait qui va ressembler à une asymptote, en fait c'est pas une asymptote...

<u>OK. Passons à la troisième question, relative à l'intégration de la calculatrice en classe. Dans le questionnaire, les questions étaient forcément cadrées. Que dirais-tu de l'avantage ou du désavantage, du non avantage de cette intégration ?</u>

Ça peut être une aide pour découvrir certaines notions, en particulier sur les fonctions, ça peut être un renforcement du cours, une petite illustration, ça peut être aussi un outil très puissant de conjecture, la calculatrice, il faut que les élèves sachent l'utiliser pour conjecturer, là encore un graphique est un moyen de conjecturer un maximum, ce genre de choses, surtout en seconde, ils n'ont pas les moyens de calcul qu'ils ont par la suite, on peut déterminer un maximum par conjecture, et ensuite, à l'aide d'inégalités, se ramener à un problème de majoration, une fois qu'on a conjecturé le maximum. Le problème, c'est qu'il y a des limites à ça, c'est à dire qu'on peut pas faire confiance à 100% à la calculatrice, c'est un juste équilibre. Il faut leur montrer qu'à la fois il faut savoir l'utiliser, que c'est pas... qu'il faut pas tout remettre en doute à 100%, mais qu'en même temps, il y a des limites, il y a des conjectures qu'il faut prendre avec des pincettes, ce ne sont que des conjectures... mais c'est intéressant quand

---

[24] Ce professeur a comme conseiller pédagogique Christian Faure, membre de l'équipe de recherche.

même, comme outil de conjecture c'est extrêmement puissant. Pour les suites, ça vient plus tard, c'est pareil, pour conjecturer des limites, sachant que ça a ses limites là aussi...

Justement sur les limites...

Oui, ça a des limites sur les limites...

Et qu'est-ce que ça changerait, imaginons que les calculatrices soient intégrées dans la classe, ce qui est demandé par les programmes, qu'est-ce que ça changerait dans le déroulement de la classe, aussi bien pour le prof que pour le comportement des élèves...

Je pense que cela ne modifie pas complètement le cours, mais cela veut dire qu'il y a des phases d'utilisation de la machine pour illustrer tel ou tel point du cours, ou même, pourquoi pas pour introduire une notion, l'intervention de la machine, le faire par l'intermédiaire de la machine, et puis des séances soit en module, soit en TD, là on utilise la machine à plein. Il y a un exemple, pas facile à implémenter, à mettre en place, c'est Cabri-Géomètre, qui permet de faire de la géométrie, et de renforcer la compréhension des mécanismes en jeu dans la géométrie, on visualise un lieu de points lorsqu'on fait varier la position d'un point, d'une droite, c'est vraiment très puissant, pour mieux comprendre ce qui se passe. Ça a une vertu pédagogique, construction d'une parallèle, on est obligé de le faire pas à pas. Il y a des macros qui manquent. Il y a des macros qui permettent de faire des perpendiculaires. Mais par exemple, pour construire un triangle à partir de trois segments, il y a une mécanique au compas qui est reproductible grâce au logiciel, qui n'existe pas, mais qu'on peut enregistrer sous forme de macro.

De la même façon pour les coniques... je crois que sur la dernière version de Cabri, il y a une macro de construction des coniques...

Je ne sais pas... mais c'est sûr qu'on peut définir à l'infini des macros. Et en les définissant, ils enregistrent la construction, ils enregistrent que c'est une routine qui a un algorithme, en fait.

Et au niveau des programmes d'enseignement, imaginons que les élèves aient à leur disposition des calculatrices comme la TI-92 qui font du calcul formel, et qui ont Cabri-Géomètre, qu'est ce que cela permettrait de faire à ton avis ?

Cela permettrait d'aller plus loin à mon avis. C'est sûr que les problèmes de lieu géométrique sont plus accessibles avec Cabri géomètre, donc ça permet d'aller plus loin, mais c'est plus un outil qu'un objectif en soi, je pense, la calculatrice. Enfin, du coup, cela devient un objectif de maîtriser les fonctionnalités de la calculatrice, puisqu'on doit l'utiliser comme outil. Si la calculatrice permet d'aller plus loin, un des premiers objectifs doit être de la maîtriser. Cela permet d'aller plus loin en math. dans certains domaines, je pense.

Est-ce que cela peut modifier tout ce qui est calcul routinier par exemple ? Si on revient à l'analyse et à l'algèbre, le fait que cela dérive, intègre, est-ce qu'on peut imaginer que cela va rendre inutiles certains apprentissages ?

Au contraire, cela permet de l'illustrer, de le renforcer, de le rendre plus vivant, plus pratique par des exemples, des manipulations, au contraire, mais disons que la fin ce ne serait pas la reproduction d'un algorithme, ça serait pas ça, ça serait sa compréhension, son implémentation à la machine et ensuite sa réalisation elle est automatique. Au contraire, on s'intéresse plus au sens des choses. Cela permet d'aller plus vers le sens, plus en profondeur.

Il y a un dernier groupe de questions, je vais d'abord te les dire toutes les quatre pour que tu vois comment elles se disposent et ensuite je te les poserai les unes après les autres. Alors la première question, de façon plus générale, faire des math., c'est quoi pour toi jusqu'à présent ? La deuxième question, c'est le fait de devenir prof de math. change-t-il la façon de voir les math. ? La troisième question, faire des math. avec les élèves, ce sera quoi pour toi ? Et la quatrième question, quelle image des math. aimeriez-vous qu'ils aient ?

Il faut que je réponde à ces quatre questions ?

Voilà. Alors la première question, faire des math., jusqu'à présent, qu'est-ce que cela a représenté pour toi ?

Alors jusqu'à présent, pas d'un point de vue pédagogique, comme prof, il y a l'aspect jeu, l'aspect jeu, intellectuel, il y a l'aspect proche de la recherche à mon avis, qui est vaincre un obstacle, résoudre un problème, c'est passer une marche à partir d'éléments disparates, en les agençant, en trouvant des idées. C'est avoir des idées aussi, faire des math., c'est avoir des idées, on arrive à des choses assez jolies, à partir de la conclusion, on arrive à des choses claires. Il y a l'aspect jeu, il y a l'aspect beauté intellectuelle, on essaie d'avoir un point de vue symétrique sur les choses, un point de vue global, synthétique, on essaie d'expliquer la symétrie des choses.

Donc il y a ce côté là. C'était ça disons pour moi les math. et maintenant comme je deviens enseignant, il y a en plus, il y a le côté développement de l'individu, l'amener justement à développer sa logique des choses, à savoir exploiter ses idées, les construire pour arriver à un résultat. Les math. sont présentes dans de nombreux domaines, simplement rendre de la monnaie, c'est déjà un peu faire des math.. Il y a aussi suivre un petit peu l'actualité scientifique ou para-scientifique, simplement savoir lire des tableaux statistiques, c'est cette mission qu'on a d'aider les gens... c'est comme savoir lire finalement. De même que les gens doivent savoir lire pour être à part entière des hommes, ils doivent connaître un minimum en math.. Et pour leur épanouissement personnel, c'est aussi assez important je pense. Cela touche à de nombreux domaines. Ce n'est pas pour autant qu'ils deviendront tous mathématiciens.

Bon, il y a aussi ça, si dans ma carrière je rencontre des gens qui sont très bons, si je les aide à aller loin, c'est aussi satisfaisant. Il y a aussi ça, participer, amener sa pierre à l'édifice, pas nécessairement en étant soi-même chercheur, mais en amenant les gens à se construire des représentations qui feront, parce qu'elles sont bonnes, à aller au fond des choses. Donc il y a ce côté là, maintenant ça c'est plutôt le côté prof. Euh... qu'est ce que j'aimerais qu'ils aient comme représentation des math. ? Ben c'est plutôt ça, justement, qu'ils se rendent compte que c'est pas dans le vide, des fois ils ont l'impression de faire des choses qui ne servent à rien, je voudrais que... c'est à la fois un jeu, c'est très important le jeu, dans toute activité humaine, s'il n'y a pas un côté jeu... il y a l'ennui, il y a la sclérose, il y a donc ce côté jeu, le fait qu'ils aiment ça, qu'ils jouent, c'est important, si j'arrive à les amener à éprouver du plaisir, c'est important, et puis qu'ils sentent que c'est utile, que c'est utile pour leur développement, pour leur accession à l'état d'homme à part entière, à l'état de citoyen.

OK. En regardant l'enseignement des math. que tu as reçu, et l'enseignement que tu voudrais donner, est-ce que tu vois des modèles parmi les enseignants que tu as eus ?

Ah oui, c'est sûr. On peut commencer par un prof de collège dont je me rappelle, et puis également un prof que j'ai eu en prépa, qui n'était pas un prof de math., mais de physique, je veux dire, je suis influencé par eux...

Et des anti-modèles ?

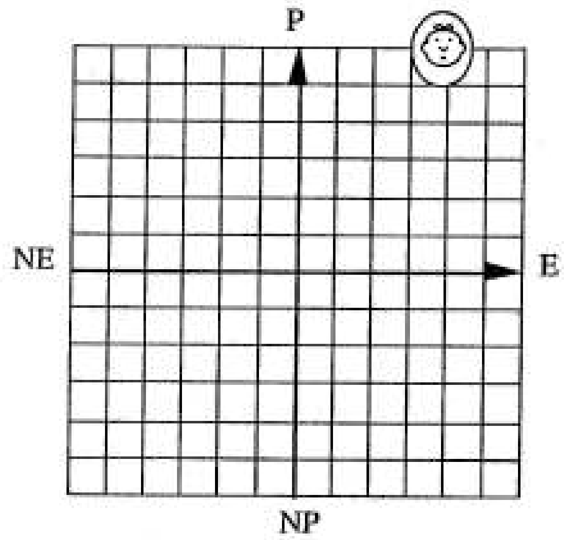
Des anti-modèles ? Je n'en ai pas rencontré... si, j'en ai rencontré, j'en ai rencontré, j'en ai rencontré, des gens à qui je voudrais pas ressembler, dont je considère "il ne faudrait pas que je sois comme ça", j'en ai, j'ai ai aussi...

Les anti-modèles étaient caractérisés par quoi ?

En général par un côté très autoritaire, très... qui favorisent pas chez les élèves l'émergence des idées, parce qu'il faut respecter les élèves, et faire naître les idées, il faut pas les paralyser, ça c'est très important, ce qui ne veut pas dire qu'on est laxiste, mais il ne faut pas... quand on met trop de contraintes, on étouffe les gens, le but, c'est pas d'en faire des robots, c'est ... donc les gens trop autoritaires, trop directifs, qui détiennent la vérité, qui se considèrent détenteurs de la vérité, mais à 100%... c'est vrai qu'on a une compétence dans la discipline, mais on n'a pas toujours raison, il faut être à l'écoute des gens. Ceux qui sont comme ça, ils me gênent, et j'ai pas envie d'être comme ça.

<u>OK... J'espère que l'appareil a marché...</u>
Oui, ça a marché, ça tournait...

Bilan de l'entretien



La classification " expérimenté/positif " apparaît tout à fait justifiée. On note d'ailleurs (ci-dessus) que S4 occupe une position extrême du point de vue de la "positivité". Ce professeur stagiaire a accepté de participer à l'expérimentation. Il a même demandé à bénéficier du prêt d'un dispositif de rétroprojection sur une durée plus longue que celle prévue initialement.

On pourra se reporter au compte rendu de l'observation dans la classe page...

Entretien avec S5 (" expérimenté-positif ")

Bilan partiel du questionnaire d'octobre 1996

Nom de la calculatrice possédée actuellement	Type de calculatrice				Utilisation			
	S	P	G	F	Be	Ré	Ra	Pa
HP 48				X		X		

Estimez-vous connaitre la dernière calculatrice en votre possession :
Très bien ❐ Assez bien ■ Un peu ❐ Pas du tout ❐

La généralisation des calculatrices graphiques :	Tout à fait	Oui	Très peu	Pas du tout
a. est un "atout" pour l'enseignement des mathématiques				
b. rend les élèves plus autonomes		X		
c. permet de développer un débat scientifique dans la classe autour de conjectures, de preuves, de réfutations		X		
d. en facilitant certaines procédures, empêche certains apprentissages élémentaires. Si oui, dans quel domaine ?				

La généralisation des calculatrices graphiques nécessite une modification profonde de l'enseignement des mathématiques du point de vue...	Tout à fait	Oui	Très peu	Pas du tout
- du comportement du professeur		X		
- des exercices donnés		X		
- du déroulement du cours		X		
- de l'organisation de la classe		X		
- du programme lui même				

Qu'est ce qui, d'après vous, a eu ou aura beaucoup d'influence sur l'enseignement des mathématiques :

La généralisation des calculatrices scientifiques (4 opérations) ❐
La généralisation des calculatrices programmables ❐
La généralisation des calculatrices graphiques ❐
La généralisation des calculatrices réalisant du calcul formel ■
Aucun de ses outils n'influence réellement l'enseignement des mathématiques ❐

Cette année, dans vos classes :

Envisagez-vous de réaliser des activités spécifiques intégrant les calculatrices ?
Oui ■ Non ❐ Je ne sais pas ❐
Envisagez-vous de réaliser des activités spécifiques intégrant les calculatrices graphiques ?
Oui ■ Non ❐ Je ne sais pas ❐
Envisagez-vous d'utiliser une calculatrice rétroprojetable ?
Oui ■ Non ❐ Je ne sais pas ❐
Seriez-vous intéressés par le prêt d'un matériel permettant ce type d'activités (rétroprojecteur, lot de calculatrices graphiques...)
Oui ■ Non ❐ Je ne sais pas ❐

Plus tard, dans vos classes :

Envisagez-vous de réaliser des activités spécifiques intégrant les calculatrices ou les calculatrices graphiques et d'utiliser une calculatrice rétroprojetable ?
Oui ■ Non ❐ Je ne sais pas ❐

Minutes de l'entretien avec S5

(Questions et compte rendu : René Bernard).

Non sélectionné au départ, il a souhaité participer à cette action de recherche par goût personnel d'une part et d'autre part parce qu'il projette un mémoire à propos de l'utilisation des calculatrices (en liaison soit avec la question des approximations des nombres, soit avec l'approche de la notion de fonction).
Nous avons bien sûr accepté sa proposition en ajoutant qu'il pouvait compter sur nous (sans pour autant prendre la place de son tuteur, directeur de mémoire) pour l'aider à rassembler de la documentation ou répondre à certaines de ses interrogations.
Il possède une HP-48 depuis Maths Spé. Les questions qui lui sont posées ici se réfèrent d'assez près aux réponses données lors du questionnaire de début d'année.

A - Matériel et usage personnel

<u>Une HP-48, c'est déjà un matériel évolué ...</u>

Oui, elle fait un peu de calcul formel mais c'est limité et puis je me suis habitué à utiliser d'autres logiciels sur PC : Maple et Mathematica. Ça change !

<u>Vous la maîtrisez bien ?</u>

Pas toutes les fonctionnalités. Je sais bien manipuler les calculs numériques, la programmation, les calculs formels mais pas les statistiques. J'en ai jamais eu besoin. En fait je maîtrise ce dont j'ai besoin.

<u>Et le côté graphique ... ?</u>

Assez bien, choisir les fenêtres, tout ça.

<u>Que faites-vous souvent personnellement ?</u>

La résolution des systèmes numériques, par le calcul matriciel.

B - Conception de l'intégration

<u>Par rapport à la classe, on peut préciser les réponses ?</u>

C'est un atout pour l'enseignement. Ça rend les élèves plus autonomes. Mais, avant d'utiliser les calculatrices, il est préférable de savoir faire les calculs à la main. Ça permet de mieux comprendre ce qui se passe.

<u>Ce qui laisse penser qu'un usage intempestif des calculatrices ne favorise pas l'acquisition de certains apprentissages.</u>

Il faut savoir ce qu'on fait avec.

<u>Vous, au fond, qu'est-ce que vous en pensez ?</u>

On ne peut pas éviter les apprentissages de base, les tables de multiplication pour comprendre vraiment les mathématiques. Je ne vois pas quelqu'un prendre la calculatrice pour faire 2 fois 3. Les tables de multiplication sont nécessaires même si tout le monde a une calculatrice ne serait-ce que pour avoir les ordres de grandeur.

<u>Vous dites que ça rend les élèves plus autonomes ...</u>

... parce que ça leur permet de supposer certaines choses avant de les vérifier mais, pour cela, il faut qu'ils connaissent bien leur calculatrice. Savoir si le résultat qu'elle rend est valide ou pas. C'est comme ça que ça les rend plus autonome.

<u>Que signifie exactement autonome pour vous ?</u>

Qu'ils pourront avoir plus de réponses par eux-mêmes, indépendamment du prof.

<u>Même s'ils dépendent de la calculatrice ?</u>

La calculatrice fait partie du mathématicien. C'est un outil.

<u>En quoi la calculatrice permet de développer le débat scientifique dans la classe ?</u>

Parce que j'espère que tout le monde n'aura pas la même calculatrice et selon celles qui sont utilisées, elles peuvent donner des résultats différents. C'est à partir de là qu'on pourrait débattre de la validité des résultats.

<u>Vous dites que la généralisation des calculatrices nécessite des modifications dans l'enseignement.</u>

Oui, il faut changer les exercices, en créer des nouveaux pour tenir compte des calculatrices.

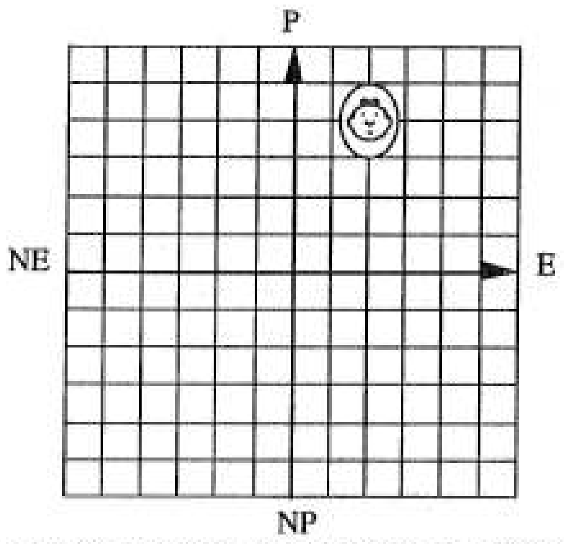
C- Conception de l'activité mathématique

<u>Pour vous, faire des mathématiques, c'était quoi jusqu'à présent ?</u>
<u>Le fait de devenir enseignant de maths vous fait-il réviser cette idée ?</u>
<u>Faire des mathématiques avec vos élèves c'est (ce sera) quoi pour vous ?</u>
<u>Quelle image des mathématiques souhaiteriez-vous que ceux-ci aient ?</u>

Faire des maths, je ne sais pas trop, je ne suis pas chercheur. Faire des maths avec les élèves, c'est avant tout utiliser des outils pour résoudre des problèmes (c'est ce qui est premier) en justifiant ou en sachant qu'on peut justifier.

Je souhaite que les élèves considèrent les maths comme un outil pratique pour résoudre des problèmes, qui permet d'aider le raisonnement et que "ce n'est pas si difficile que ça".

Bilan de l'entretien



Ce professeur stagiaire apparaît bien comme "expérimenté" et "positif". Volontaire pour s'intégrer à l'expérimentation, il a évidemment accepté de participer au dispositif d'observation.

On pourra se reporter au compte rendu de l'observation dans la classe page...

Entretien avec S6 (" expérimenté-non positif ")

Bilan partiel du questionnaire d'Octobre 1996

Nom de la calculatrice possédée actuellement	Type de calculatrice				Utilisation			
	S	P	G	F	Be	Ré	Ra	Pa
Casio fx 4000P		X						X

Estimez-vous connaitre la dernière calculatrice en votre possession :
Très bien ■ Assez bien ❒ Un peu ❒ Pas du tout ❒

La généralisation des calculatrices graphiques :	Tout à fait	Oui	Très peu	Pas du tout
a. est un "atout" pour l'enseignement des mathématiques			X	
b. rend les élèves plus autonomes				X
c. permet de développer un débat scientifique dans la classe autour de conjectures, de preuves, de réfutations		X		
d. en facilitant certaines procédures, empêche certains apprentissages élémentaires. Si oui, dans quel domaine ?	X			

La généralisation des calculatrices graphiques nécessite une modification profonde de l'enseignement des mathématiques du point de vue...	Tout à fait	Oui	Très peu	Pas du tout
- du comportement du professeur	X			
- des exercices donnés		X		
- du déroulement du cours				X
- de l'organisation de la classe		X		
- du programme lui même		X		

Qu'est ce qui, d'après vous, a eu ou aura beaucoup d'influence sur l'enseignement des mathématiques :

La généralisation des calculatrices scientifiques (4 opérations) ❒
La généralisation des calculatrices programmables ■
La généralisation des calculatrices graphiques ❒
La généralisation des calculatrices réalisant du calcul formel ■
Aucun de ses outils n'influence réellement l'enseignement des mathématiques ❒

Cette année, dans vos classes :

Envisagez-vous de réaliser des activités spécifiques intégrant les calculatrices ?
Oui ■ Non ❒ Je ne sais pas ❒
Envisagez-vous de réaliser des activités spécifiques intégrant les calculatrices graphiques ?
Oui ❒ Non ■ Je ne sais pas ❒
Envisagez-vous d'utiliser une calculatrice rétroprojetable ?
Oui ❒ Non ■ Je ne sais pas ❒
Seriez-vous intéressés par le prêt d'un matériel permettant ce type d'activités (rétroprojecteur, lot de calculatrices graphiques...)
Oui ❒ Non ❒ Je ne sais pas ■

Plus tard, dans vos classes :

Envisagez-vous de réaliser des activités spécifiques intégrant les calculatrices ou les calculatrices graphiques et d'utiliser une calculatrice rétroprojetable ?
Oui ■ Non ❒ Je ne sais pas ❒

Minutes de l'entretien avec S6

(Questions et compte rendu : René Bernard).

Possède une Casio fx 4000P depuis la Seconde. Les questions qui lui sont posées ici se réfèrent d'assez près aux réponses données lors du questionnaire de début d'année.

A - Matériel et usage personnel

Vous avez utilisé votre calculatrice régulièrement en Terminale mais plus du tout en Fac. Comment expliquez-vous cette désaffection ?

Par le fait que j'en ai ressenti aucun besoin dans l'enseignement supérieur.

Auriez-vous eu envie à certains moments d'un modèle plus sophistiqué ?

Oui, quand j'ai passé les concours de fin de Maths Spé, j'ai utilisé une calculatrice graphique qu'on m'a prêtée.

Vous dites très bien connaître votre calculatrice. Précisez le sens de cette appréciation.

Je sais utiliser toutes les fonctionnalités et je sais bien la programmer.

Vous avez utilisé votre calculatrice régulièrement pour écrire des programmes. Quels types de programme avez-vous écrit ? utilisé ? (fonctions, suites, approx., intégrales, ...)

Finalement des programmes simples : valeurs d'une fonction tout bête, plus développé résolution d'équations par dichotomie ...

C'est tout ?

C'est les deux principaux, ceux que j'ai gardés le plus longtemps.

Ce sont des programmes que vous aviez conçus ?

On les avait fait en classe en Terminale.

Des programmes plus complexes comme calcul approché d'intégrale ... ?

Non ! je me suis jamais posé la question.

B - Conception de l'intégration

Vous dites que la généralisation des calculatrices graphiques n'est pas un "atout" pour l'enseignement des mathématiques et ne rend pas les élèves plus autonomes. Pourquoi cette position négative ?

Je vois mes élèves de Seconde : ils sont complètement dépendants de la machine. Ils peuvent plus rien faire sans la machine. Dès qu'il y a un problème, ils pensent que la machine va pouvoir répondre à toutes les questions qui vont se poser.

C'est dans ce sens que ça ne rend pas les élèves autonomes ?

C'est ça ! Ils sont complètement dépendants.

Par ailleurs vous dites que les calculatrices (graphiques en particulier) permettent de développer un débat scientifique dans la classe

C'est pas pareil. Quand on commence à étudier les fonctions le côté intuitif (croissant, décroissant) peut être intéressant à ce niveau-là.

En même temps vous associez à la même idée un élément négatif : ça va empêcher des apprentissages élémentaires.

Justement en même temps ça va enlever le côté "il faut prouver le résultat" puisque, de toutes façons, ça se voit sur la machine.

Ça, c'est une hypothèse ...

Oui, c'est une hypothèse, c'est pas encore testé ...

Il y avait une question mais on en a déjà parlé : quelle est votre conception de l'autonomie en mathématiques ?

Ça paraît clair. C'est savoir faire soi-même.

Ça pourrait être aussi : être capable de se passer de l'autorité du professeur. Ce qui n'exclut pas l'outil. Mais on voit l'ambiguïté du mot autonomie ...

...

Vos réponses à ce paragraphe(III.2) semblent vouloir dire qu'il y a deux modifications essentielles à envisager : dans la gestion de la classe et dans la précision des contenus. Etes-vous d'accord avec cette interprétation ?

Ça entraîne quelque chose de nouveau par rapport à l'enseignement qu'on a reçu. Ça entraîne forcément un nouveau type d'activité. On ne peut pas faire la même chose avec ou sans calculatrice.

Vous dites que les calculatrices graphiques doivent être réservées aux TP-TD sans interférer sur le déroulement du cours. Précisez votre pensée.

Il faut nuancer le propos. C'est plus gérable en petit groupe : avec 30 élèves, des modèles différents, ne pas laisser quelqu'un dans son coin.

C'est donc à cause de problèmes de gestion de classe qu'il faut limiter aux TP-TD ?

En partie. Du moment que c'est pas encore partie intégrante du cours, ça ne peut être qu'un complément d'activité qui peut être non négligeable et intéressant.

Pensez-vous que la conception du "cours" puisse être modifiée ?

Là, c'est pas évident ... Je sais pas ... Je vois pas dans quelle mesure ...

Vous dites que les élèves ne savent plus calculer à cause de l'effet néfaste des calculatrices. Donc ce qui a eu le plus d'influence ce serait donc les calculatrices "scientifiques de base" et pas spécialement les programmables. Etes-vous d'accord avec cette interprétation ?

Moi, j'avais pensé à une influence positive. Ce qui a une influence positive et intéressante, ce sont les programmables, tandis que ce qui est néfaste, c'est au niveau opératoire.

Les calculatrices symboliques vous paraissent très positives aussi ...

Oui, très positif

Pourtant les élèves ne vont plus savoir calculer une dérivée ...

C'est un autre type de calcul. Le calcul d'une dérivée fait appel à un algorithme, alors vu que la machine le fait plus vite ! ...

Les calculs plus élémentaires c'est bien aussi des algorithmes ?

Il me paraît plus fondamental de savoir faire soi-même des algorithmes de calcul.

Autrement dit, pour l'un vous estimez que c'est fondamental et vous refuser de le court-circuiter et pour l'autre vous estimez que ce n'est pas gênant de le court-circuiter.

Voilà !

Par rapport à l'autonomie de l'élève, c'est pas gênant qu'un élève manque d'autonomie par rapport au calcul des dérivées mais c'est gênant qu'il en manque par rapport au calcul numérique.

C'est ça.

Vous vous servez beaucoup de la calculatrice pour faire des opérations élémentaires et par ailleurs vous jugez que cela peut présenter des dangers. Est-ce que ça ne vous met pas en contradiction ?

Non, parce que ces opérations, j'ai conscience que je sais les faire et j'ai l'impression que les élèves ne savent plus les faire.

Donc pour vous l'autonomie réside dans la conscience de savoir faire plus que dans le fait de faire.

Exactement.

Vous souhaitez réaliser des activités intégrant les calculatrices. Dans quel but et pour quelles raisons ? N'y a-t-il pas de contradiction avec votre perception négative ?

Ça dépend du domaine d'utilisation que je vais choisir. Il s'agit de choisir des activités où la calculatrice sera utile. Je pense surtout au niveau de l'approche des fonctions et de la représentation.

Pourtant vous avez dit que les calculatrices graphiques, vous ne souhaitiez pas les intégrer ?

Non mais j'avais mal ... euh ! ... C'est plutôt oui, je faisais pas de séparation entre les calculatrices... Et puis aussi au niveau statistiques. Je trouve que c'est intéressant : là c'est un bon cadre d'utilisation ...

Avez-vous déjà pensé à ce que vous pourriez faire en classe ?

Non, j'avoue que j'y ai pas réfléchi encore. J'en ai l'intention mais je sais pas exactement.

Vous n'envisagez pas d'utiliser une rétroprojetable. La raison est-elle d'ordre technique ou pédagogique ?

Technique : je sais pas du tout comment on s'en sert.

Exactement comme une ordinaire. Simplement l'écran est projeté au mur. Techniquement, il n'y a pas de différence.

C'est une expérience à tenter... Si ça remplace le tracé au tableau c'est sans intérêt et même ça risque d'occulter la conception de la courbe. Finalement c'est le même raisonnement que pour les calculs : si on a conscience qu'on sait le faire, on peut le faire faire par quelqu'un d'autre.

Avez-vous observé que les courbes sur une calculatrice peuvent avoir des aspects très différents ?

Non

Avez-vous conscience de leurs limites technologiques ?

J'en ai une idée. Par exemple, si on trace sin(1/x) on voit plus ce qui se passe.

Avez-vous une idée de la raison pour laquelle on ne voit plus ce qui se passe ?

Non.

C- Conception de l'activité mathématique

Pour vous, faire des mathématiques, c'était quoi jusqu'à présent ?

... C'est compliqué ! ... Vous pouvez préciser ?

Dans quelles circonstances dites-vous que vous faites des mathématiques ?

Quand je fais des raisonnements ... selon des règles données.

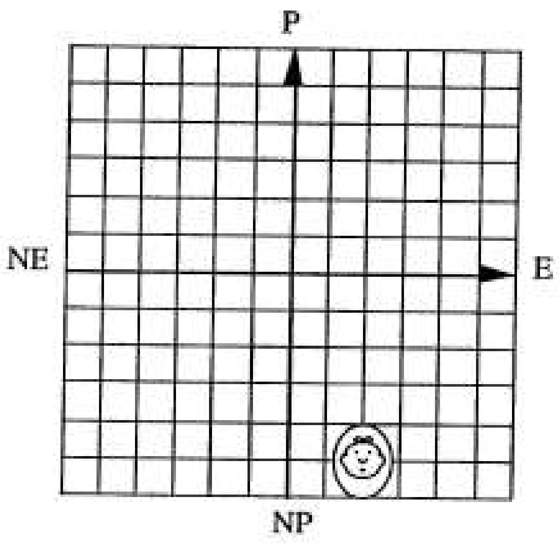
Le fait de devenir enseignant de maths vous fait-il réviser cette idée ?

Non, ça ne change rien.

Faire des mathématiques avec vos élèves c'est (ce sera) quoi pour vous ?
La même chose.

Quelle image des mathématiques souhaiteriez-vous que ceux-ci aient ?
Qu'ils prennent conscience de ce que je viens de dire.

Bilan de l'entretien



La classification expérimenté/non positif est globalement confirmée. Cependant, on peut noter ici l'ambiguïté de ces qualificatifs :

- ce professeur stagiaire a bien le sentiment de connaître les calculatrices sur le plan de l'utilisation de leurs commandes et de la programmation. Cependant il n'a visiblement pas conscience des limites de ces outils (cf. par exemple la question en fin d'entretien sur les différentes formes d'une même courbe). La caractérisation "d'expérimenté" se rapporte bien à l'idée que le stagiaire se fait de ses propres compétences ;
- la caractérisation "non positif" doit aussi être nuancée. Ce professeur a bien l'idée que les calculatrices freinent les apprentissages élémentaires, rendent les éléves dépendants. En même temps, il estime que l'utilisation des calculatrices, sous le contrôle du maître, peut être utile dans le cadre de la classe : développement d'un débat scientifique à propos du sens de variation des fonctions, appréciation positive des calculatrices symboliques.

L'observation du professeur dans sa classe permettra d'affiner ces caractérisations. **On pourra se reporter au compte rendu de cette observation dans la classe en IV.2.**

Entretien avec S7 (" non positif ")

Bilan partiel du questionnaire d'octobre 1996

Nom de la calculatrice possédée actuellement	Type de calculatrice				Utilisation			
	S	P	G	F	Be	Ré	Ra	Pa
Casio fx 7000G			X					X

Estimez-vous connaître la dernière calculatrice en votre possession :
Très bien ❐ Assez bien ■ Un peu ❐ Pas du tout ❐

La généralisation des calculatrices graphiques :	Tout à fait	Oui	Très peu	Pas du tout
a. est un "atout" pour l'enseignement des mathématiques				X
b. rend les élèves plus autonomes			X	
c. permet de développer un débat scientifique dans la classe autour de conjectures, de preuves, de réfutations		X		
d. en facilitant certaines procédures, empêche certains apprentissages élémentaires. Si oui, dans quel domaine ?				X

La généralisation des calculatrices graphiques nécessite une modification profonde de l'enseignement des mathématiques du point de vue...	Tout à fait	Oui	Très peu	Pas du tout
- du comportement du professeur		X		
- des exercices donnés		X		
- du déroulement du cours			X	
- de l'organisation de la classe			X	
- du programme lui même		X		

Qu'est ce qui, d'après vous, a eu ou aura beaucoup d'influence sur l'enseignement des mathématiques :

La généralisation des calculatrices scientifiques (4 opérations) ❐
La généralisation des calculatrices programmables ❐
La généralisation des calculatrices graphiques ■
La généralisation des calculatrices réalisant du calcul formel ■
Aucun de ses outils n'influence réellement l'enseignement des mathématiques ❐

Cette année, dans vos classes :

Envisagez-vous de réaliser des activités spécifiques intégrant les calculatrices ?
Oui ❐ Non ❐ Je ne sais pas ■
Envisagez-vous de réaliser des activités spécifiques intégrant les calculatrices graphiques ?
Oui ❐ Non ■ Je ne sais pas ❐
Envisagez-vous d'utiliser une calculatrice rétroprojetable ?
Oui ❐ Non ❐ Je ne sais pas ■
Seriez-vous intéressés par le prêt d'un matériel permettant ce type d'activités (rétroprojecteur, lot de calculatrices graphiques...)
Oui ■ Non ❐ Je ne sais pas ❐

Plus tard, dans vos classes :

Envisagez-vous de réaliser des activités spécifiques intégrant les calculatrices ou les calculatrices graphiques et d'utiliser une calculatrice rétroprojetable ?
Oui ■ Non ❐ Je ne sais pas ❐

Minutes de l'entretien avec S7

(Questions et compte rendu : Maryse Noguès).

Vos réponses au questionnaire du mois d'octobre nous ont permis d'observer que vous possédez une calculatrice graphique

Oui.

Que vous n'utilisez plus du tout depuis l'université.

Depuis le lycée même.

Est-ce que vous pouvez expliquer pourquoi cette désaffection.

Disons que ce n'était pas une désaffection mais je n'en avais plus du tout l'utilité, ça ne servait plus.

Ça ne servait plus pour vous où par rapport...

Par rapport à l'enseignement que je recevais.

Vous dites malgré tout connaître assez bien votre calculatrice.

Oui, je pense. Enfin pas toutes les fonctions mais les principales.

Par rapport aux fonctions par exemple.

Les fonctions graphiques, oui je les connais.

Les fonctions graphiques, ça veut dire ?

Tracer des graphiques, agrandir des graphiques.

Rechercher des intersections.

Oui.

Modifier des agrandissements, utiliser les facteurs d'agrandissement.

Tout ça, oui.

Tout ça vous connaissez, et par rapport aux suites ?

Programmer une suite ?

Oui .

Oui, ça va, une suite définie par une relation de récurrence.

Vous l'avez utilisé pour faire de la programmation ?

Oui, pour les suites, programmer une fonction, avoir des tableaux de valeurs.

Est-ce que vous connaissez les mécanismes internes de calcul ?

C'est à dire ?

Quels sont les algorithmes qui gèrent l'affichage?

Non pas du tout.

Au niveau graphique, est-ce que vous connaissez un peu le fonctionnement de l'écran graphique ?

Euh, il y a...

En termes de pixels ?

Non, pas trop, non.

Est-ce que parfois le tracé d'une courbe vous a surpris ?

Non.

Est-ce que vous observez une courbe avant une étude préalable ou après ?

Non, d'abord je regarde pour avoir un idée de ses variations, après je fais une étude.

Le tracé d'une fonction est pour vous plutôt une aide ou un obstacle pour son étude ?

Une aide. Des fois les tracés sont pas très précis.

Alors, il faut utiliser des zooms.

Oui voilà.

Vous dites que les calculatrices ne sont pas du tout un atout pour l'enseignement des maths même si elles ont certaines qualités, par exemple susciter un débat dans la classe

Il ne faut pas tout faire avec les calculatrices, elles doivent servir à vérifier des résultats et faire des conjectures.

Par rapport au fait que peu de choses doivent être modifiées dans l'enseignement des maths...

Avant que les élèves arrivent à se servir de leur calculatrice, c'est compliqué. Parfois certains élèves ont une calculatrice graphique mais comme ça, ils ne l'utilisent pas.

Et si la calculatrice est un outil dans la classe ?

Oui, mais alors il faudra du temps.

Qu'est-ce qui prendra du temps ?

Apprendre aux élèves à se servir de leur calculatrice.

Et si on ne fait aucun apprentissage avec les calculatrices, qu'est-ce que ça donnera ?

A mon avis ils ne sauront pas s'en servir.

Est-ce que c'est mieux ?

Non, mais il faudrait des heures supplémentaires pour leur apprendre à s'en servir.

Dans le cours, on ne peut pas intégrer les calculatrices ?

Non, dans le cours, on ne peut pas. Enfin ça dépend des classes, dans mes classes je sais que je perdrais trop de temps. En L déjà c'est pas la peine et en STT je sais que je perdrais trop de temps. Ils ont déjà du mal à placer des points sur un graphique, si on demande des choses compliquées avec une machine...

On peut leur demander de visualiser une courbe ?

Oui visualiser, oui. C'est à dire que le programme que j'ai, c'est assez difficile au niveau du graphique, les limites sont pas au programme, les dérivées ne sont pas au programme, les tableaux de variation ne sont pas au programme.

Les tangentes oui.

Les tangentes oui, mais enfin c'est une notion intuitive.

Certaines calculatrices peuvent permettre de tracer directement les tangentes.

Oui, alors je ne les connais pas. Moi, j'ai une ancienne Casio.

Qu'est-ce que se serait "intégrer les calculatrices" (indépendamment du fait que vous le souhaitiez ou non) ?

Faire des conjectures, vérifier des solutions d'équation.

Cette intégration, il faudrait du temps, mais elle serait possible malgré tout ?

Ca dépend des classes, dans ma classe pas possible, ils travaillent très lentement, ils ne jouent pas tous le jeu.

<u>Enfin une véritable intégration ne peut pas se concevoir au cas par cas pour certains et pas pour d'autres ?</u>
Oui c'est vrai mais enfin avec des S...

<u>L'influence reconnue aux calculatrices graphiques et symboliques est positive ou négative ?</u>
Positive.

<u>Donc si c'est positif, il faudra bien essayer de les intégrer ?</u>
Enfin, c'est à dire que moi je l'ai utilisé sans l'aide du professeur, je me débrouillais tout seul, on était beaucoup à faire ça.

<u>Est-ce que c'était mieux ?</u>
Aussi bien, tandis que là il va falloir soit prêter des machines, soit demander d'en acheter, ça pose des problèmes.

<u>Si c'est un atout et si c'est effectivement positif, il vaut mieux essayer de les intégrer puisqu'il y a un certains nombres de points positifs : conjectures, vérifications, débat.</u>
En théorie.

<u>Pourquoi est-ce que vous reportez à plus tard des activités avec les calculatrices ?</u>
Les classes que j'ai actuellement ne permettent pas ça. Le programme est tel que les calculatrices ne sont pas nécessaires.

J'essaye de dire que, même en STT, on peut justement agir sur les lectures graphiques qui ne vont pas de soi en utilisant cet outil et que des "transferts de connaissance " d'un outil sont toujours possibles quels que soient les matériaux et les individus..'Pourquoi réserver la manipulation d'outils dits sophistiqués à des terminales S ?

<u>Faire des maths c'était quoi pour vous ?</u>
C'est un jeu, c'est ludique.

<u>Ce qui est intéressant dans ce jeu c'est quoi ?</u>
Chercher la solution

<u>Le fait de devenir enseignant de maths vous fait revoir cette conception autrement ?</u>
Non, faire des maths cela reste un jeu de recherche et de débat.

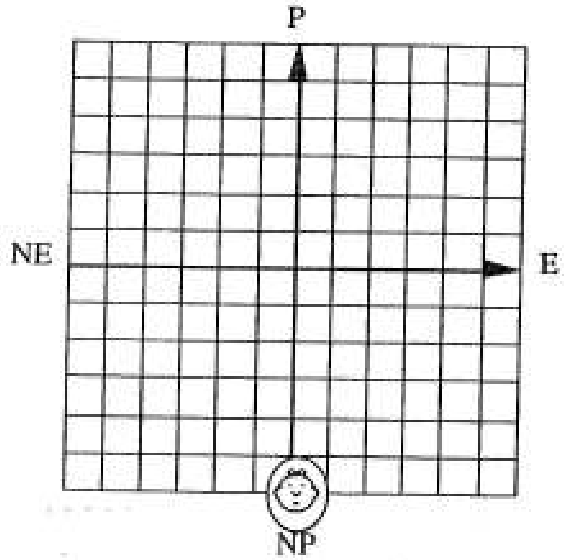
<u>Faire des mathématiques avec vos élèves rentrera dans cette optique ?</u>
Non c'est différent, on est obligé de suivre certains programmes. Eux, ils le perçoivent pas comme un jeu donc... Et même le comportement des élèves fait que c'est difficile de le voir comme ça et c'est difficile à faire passer.

<u>Quel image pensez-vous qu'ils aient des maths ?</u>
C'est difficile à savoir.

<u>Et quelle image souhaiteriez vous qu'ils aient ?</u>
La même que moi, de quelque chose de pas fastidieux. J'ai l'impression qu'ils les prennent pour quelque chose de fastidieux.

<u>A priori malgré certaines réticences, accepterez-vous le protocole de recherche dans votre classe ?</u>
Je n'ai rien contre mais je ne sais pas trop ce qu'on pourra faire.

Bilan de l'entretien



Le classement " non positif " semble correct :

- le professeur stagiaire estime savoir se servir d'une calculatrice graphique. On a noté cependant une absence de réflexion sur les problèmes de discrétisation des tracés, de déformation des objets mathématiques par l'outil de calcul ; il ne sait pas non plus construire une tangente avec une calculatrice graphique. Son "expérience" repose donc sur une maîtrise élémentaire des fonctionnalités de base des calculatrices graphiques ; cependant S7 n'utilise plus sa calculatrice depuis le lycée. Cela explique sa position charnière entre expérimenté et non expérimenté dans le repère ci-dessus ;

- il est réticent à une intégration dans sa classe pour des raisons de manque de temps. Il estime que les élèves ont déjà assez de difficultés comme cela [25]. En même temps, il est conscient de l'intérêt possible des calculatrices (par exemple pour susciter des conjectures, développer des vérifications). On pourrait peut-être caractériser cette attitude de " non positif conjoncturel " (le questionnaire indique d'ailleurs qu'il n'exclut pas d'organiser des activités avec calculatrice graphique plus tard).

[25] A la décharge de ce stagiaire, signalons que le proviseur de son lycée a supprimé l'heure - soit disant non obligatoire dans cette classe (1ère STTACC) - de module.

Entretien avec S8 (" non expérimenté-non positif ")

Bilan partiel du questionnaire d'octobre 1996

Nom de la calculatrice possédée actuellement	Type de calculatrice				Utilisation			
	S	P	G	F	Be	Ré	Ra	Pa
Casio HP				X		X		

Estimez-vous connaitre la dernière calculatrice en votre possession :
Très bien ☐ Assez bien ☐ Un peu ☐ Pas du tout ■

La généralisation des calculatrices graphiques :	Tout à fait	Oui	Très peu	Pas du tout
a. est un "atout" pour l'enseignement des mathématiques		X		
b. rend les élèves plus autonomes				X
c. permet de développer un débat scientifique dans la classe autour de conjectures, de preuves, de réfutations		X		
d. en facilitant certaines procédures, empêche certains apprentissages élémentaires. Si oui, dans quel domaine ?	X			

La généralisation des calculatrices graphiques nécessite une modification profonde de l'enseignement des mathématiques du point de vue...	Tout à fait	Oui	Très peu	Pas du tout
- du comportement du professeur			X	
- des exercices donnés			X	
- du déroulement du cours				X
- de l'organisation de la classe				X
- du programme lui même				

Qu'est ce qui, d'après vous, a eu ou aura beaucoup d'influence sur l'enseignement des mathématiques :

La généralisation des calculatrices scientifiques (4 opérations) ■
La généralisation des calculatrices programmables ☐
La généralisation des calculatrices graphiques ■
La généralisation des calculatrices réalisant du calcul formel ☐
Aucun de ses outils n'influence réellement l'enseignement des mathématiques ☐

Cette année, dans vos classes :

Envisagez-vous de réaliser des activités spécifiques intégrant les calculatrices ?
Oui ☐ Non ☐ Je ne sais pas ■
Envisagez-vous de réaliser des activités spécifiques intégrant les calculatrices graphiques ?
Oui ☐ Non ☐ Je ne sais pas ■
Envisagez-vous d'utiliser une calculatrice rétroprojetable ?
Oui ☐ Non ■ Je ne sais pas ☐
Seriez-vous intéressés par le prêt d'un matériel permettant ce type d'activités (rétroprojecteur, lot de calculatrices graphiques...)
Oui ☐ Non ■ Je ne sais pas ☐

Plus tard, dans vos classes :

Envisagez-vous de réaliser des activités spécifiques intégrant les calculatrices ou les calculatrices graphiques et d'utiliser une calculatrice rétroprojetable ?
Oui ☐ Non ■ Je ne sais pas ☐

Minutes de l'entretien avec S8

(Questions et compte rendu : Christian Faure).

L'entretien suit de très près les réponses au questionnaire initial (cf. III.1.)

Usage et compétence (il possède une HP 28 S).

Il se dit totalement hermétique à la programmation, à l'informatique en général. Il s'est servi assez intensément des fonctionnalités de base de sa calculatrice pour le calcul numérique en physique. Il a apprécié l'aspect graphique de la calculatrice pour obtenir l'allure générale des courbes des fonctions étudiées.

Conception et intégration:

1.a) Les calculatrices graphiques sont perçues comme un atout car elles permettent de voir la courbe avant tout calcul et permettent d'anticiper les résultats des calculs puis de vérifier.
c) Le débat scientifique et les calculatrices graphiques :
La formulation de conjectures est intéressante mais très élitiste : à part les 4 ou 5 élèves "dans le coup", les autres ne se sentent pas concernés.
d) Les obstacles engendrés par l'apparition des calculatrices graphiques : il reprend à son compte ceux qui étaient suggérés dans le questionnaire.

2) Le professeur doit veiller à une parfaite équité entre les utilisateurs (experts ou non) et les non possesseurs de calculatrices. Dans le cas d'une équité matérielle instituée, le stagiaire manifeste le même souci d'équité entre experts et non experts. Il estime d'ailleurs que la généralisation des calculatrices graphiques ne nécessite ni modification dans le comportement du professeur, ni ajustement des programmes.

3) Le progrès technique le plus notable, c'est l'apparition des calculatrices graphiques : l'apparition des calculatrices scientifiques a libéré des calculs fastidieux, mais les calculatrices graphiques ont constitué un "plus" indéniable.

Conception des math.

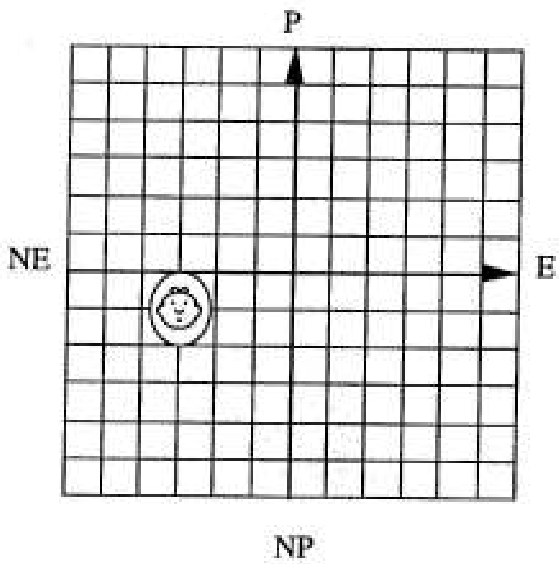
- Comme élève : au début, les mathématiques constituent un plaisir, un jeu. Ensuite, elles deviennent "utilitaires", pour en faire un métier. Il demeure une sorte de fascination quand on fait "parler une formule", quand une situation complexe peut, par une formalisation, se dépouiller et être réduite : " les math. c'est pur, c'est... carré ".

- Comme professeur : il estime ne plus faire vraiment de mathématiques : " je cherche le plaisir de faire comprendre puisque je ne peux pas avoir celui de la recherche ".

- L'image des mathématiques à transmettre: un outil utile, puissant, rigoureux.

- Pourquoi enseigner les mathématiques ? Elles constituent des méthodes transférables aux autres domaines. Il y a dans l'activité mathématique une phase qui s'apparente à des phases des sciences expérimentales. D'ailleurs la phase de recherche " expérimentale " est sans doute la plus cruciale dans l'activité mathématique. L'horreur serait d'avancer dans un concept sans aucune image mentale.

Bilan de l'entretien



Très réticent au début et spécifiant que sa présence ne l'engageait en rien, il s'est montré plus réceptif ensuite. Pour lui, " la pédagogie des math. s'est passée des calculatrices jusqu'à ce jour, il n'y a pas lieu de se poser des questions " . Il apparaît bien " non expérimenté-non positif ".

Cependant, très sensible à la nécessité d'images mentales pour construire et consolider les concepts, il ne conçoit pas d'activités mathématiques purement formelles.

Entretien avec S9 (" non expérimenté-positif ")

Bilan partiel du questionnaire d'octobre 1996

Nom de la calculatrice possédée actuellement	**Type de calculatrice**				**Utilisation**			
	S	**P**	**G**	**F**	**Be**	**Ré**	**Ra**	**Pa**
Casio 850		X						X

Estimez-vous connaitre la dernière calculatrice en votre possession :
Très bien ❐ Assez bien ❐ Un peu ■ Pas du tout ❐

La généralisation des calculatrices graphiques :	Tout à fait	Oui	Très peu	Pas du tout
a. est un "atout" pour l'enseignement des mathématiques	X			
b. rend les élèves plus autonomes		X		
c. permet de développer un débat scientifique dans la classe autour de conjectures, de preuves, de réfutations	X			
d. en facilitant certaines procédures, empêche certains apprentissages élémentaires. Si oui, dans quel domaine ?			X	

La généralisation des calculatrices graphiques nécessite une modification profonde de l'enseignement des mathématiques du point de vue...	Tout à fait	Oui	Très peu	Pas du tout
- du comportement du professeur	X			
- des exercices donnés	X			
- du déroulement du cours		X		
- de l'organisation de la classe		X		
- du programme lui même		X		

Qu'est ce qui, d'après vous, a eu ou aura beaucoup d'influence sur l'enseignement des mathématiques :

La généralisation des calculatrices scientifiques (4 opérations) ❐
La généralisation des calculatrices programmables ❐
La généralisation des calculatrices graphiques ❐
La généralisation des calculatrices réalisant du calcul formel ■
Aucun de ses outils n'influence réellement l'enseignement des mathématiques ❐

Cette année, dans vos classes :

Envisagez-vous de réaliser des activités spécifiques intégrant les calculatrices ?
Oui ■ Non ❐ Je ne sais pas ❐
Envisagez-vous de réaliser des activités spécifiques intégrant les calculatrices graphiques ?
Oui ■ Non ❐ Je ne sais pas ❐
Envisagez-vous d'utiliser une calculatrice rétroprojetable ?
Oui ■ Non ❐ Je ne sais pas ❐
Seriez-vous intéressés par le prêt d'un matériel permettant ce type d'activités (rétroprojecteur, lot de calculatrices graphiques...)
Oui ■ Non ❐ Je ne sais pas ❐

Plus tard, dans vos classes :

Envisagez-vous de réaliser des activités spécifiques intégrant les calculatrices ou les calculatrices graphiques et d'utiliser une calculatrice rétroprojetable ?
Oui ■ Non ❐ Je ne sais pas ❐

Minutes de l'entretien avec S9

(Questions et compte rendu : Maryse Noguès).

<u>Si on reprend le questionnaire du mois d'octobre, on observe que vous avez une calculatrice programmable que vous n'utilisez pas du tout.</u>

Oui, parce que je ne sais pas encore l'utiliser.

<u>La programmable ?</u>

Ah, si je sais programmer une fonction, c'est tout ce que je sais faire sur la calculatrice programmable, j'ai pas encore appris à entrer des polynômes parce que pour l'instant j'en ai pas besoin.

<u>Ça veut dire que pendant votre scolarité...</u>

Si, j'ai fait quelques petits programmes en particulier pour les fonctions et les suites, mais je ne m'en souviens plus.

<u>Vous dites quand même que vous la connaissez un peu.</u>

Non, mais je pense que cela va revenir très vite, c'est surtout ça.

<u>Même si vous n'en avez pas avez-vous eu l'occasion de manipuler une calculatrice graphique ?</u>

Oui, parce que j'en ai acheté une en début d'année, une TI-92.

<u>Et par rapport à cette calculatrice graphique, est-ce que vous utilisez les commandes justement graphiques ?</u>

Oui.

<u>Et vous connaissez...</u>

En particulier les fonctions et les courbes en 3D. Je suis en train d'apprendre à connaître les fonctionnalités car on a étudié en classe un petit peu une courbe 3D.

<u>Donc vous l'utilisez en classe ?</u>

Oui.

<u>Pour le calcul formel aussi ?</u>

Je n'ai pas fait de calcul formel avec eux. La rétroprojetable est une TI-92 et les élèves ont des TI-82.

<u>De façon générale, observer le tracé d'une courbe c'est plutôt une aide ou un obstacle ?</u>

J'ai eu peur à un moment que les élèves ne sachent pas représenter une courbe à la main (à partir du moment où je leur avais appris à le faire d'abord avec une calculatrice). Je l'ai observé et effectivement, ils savent faire les deux et utiliser la calculatrice pour des résolutions, des équations... des choses de ce style.

<u>Si vous en aviez eu une plus tôt dans votre scolarité, vous l'auriez utilisé ?</u>

Je pense que je l'aurais utilisé pour des vérifications de résultats mais j'en suis pas convaincu puisque...

<u>Je reviens sur la question 3, vous pensez que les calculatrices graphiques sont un atout pour l'enseignement des mathématiques.</u>

J'ai fait l'étude des fonctions, on a pu étudier énormément plus de fonctions avec la machine graphique que ce que qu'on aurait pu étudier si je ne l'avais pas utilisée. Parce que le temps de représenter une fonction à la main... Alors qu'avec la machine très rapidement, ils ont déjà les premiers résultats. Sinon pour le calcul numérique, le calcul formel, je sais pas, ça les aidera mais ce sera certainement moins...

<u>Vous dites qu'il faut changer l'enseignement des mathématiques face à leur généralisation .</u>

Oui, parce que moi, j'ai regardé dans mon lycée les professeurs et il y en a 3 ou 4 qui utilisent la machine donc j'ai l'impression que pour eux... et il y en a 3 ou 4 qui l'interdisent symboliquement. Donc je pense qu'on perd quelque chose en interdisant la calculette et j'ai plus l'impression que c'est parce que les professeurs ne savent pas l'utiliser plutôt que parce qu'ils pensent réellement que c'est négatif. Ils ont pas essayé, ils disent que la calculatrice empêche les raisonnements mais ils ont pas essayé réellement. Ils ont peut être raison, mais ils n'ont pas essayé du tout.

<u>Qu'est-ce que sera "intégrer les calculatrices en cours" ?</u>

Pour la résolution d'équations, d'abord ils l'ont fait à la main et puis je suis venu très rapidement à la machine à calculer dès que j'ai eu l'impression qu'ils savaient le faire à la main et à ce moment là, ils ont pu résoudre très rapidement beaucoup d'équations et d'ailleurs certains élèves, mauvais élèves lorsqu'on a fait des résolutions par le calcul, ils ont opté pour la résolution graphique parce qu'ils savaient pas faire les calculs et ils ont eu les résultats en deux minutes. Comme c'était les premières manipulations de calcul, les autres ils ont mis demi heure, trois quart d'heure pour trouver alors que les autres avaient trouvé par le graphique.

<u>Vous dites que les calculatrices symboliques auront une influence sur l'enseignement des mathématiques. Positive ?</u>

Pour l'instant il n'y a pas trop de machines qui font du calcul formel, lorsqu'il y en aura, enfin ça dépend, ça peut être négatif pour certains points et positif pour d'autres. Déjà, c'est pas mal compliqué, le temps de comprendre comment faire du calcul formel avec la machine. Les élèves ont déjà manipulé... alors que si le principe de la machine, d'utilisation, est très simple ça peut être positif. Ce qu'il faut c'est qu'ils maîtrisent d'abord des calculettes. Sinon le calcul formel ils sauront pas exactement ce que c'est.

<u>Un de vos collègues n'était pas vraiment pour l'intégration des calculatrices parce ce que c'est un outil qu'on n'utilise plus après mais plutôt pour les ordinateurs.</u>

Pour moi, c'est un faux débat. Il est plus facile d'avoir une TI-92 qu'un ordinateur. On peut apprendre à utiliser une TI-92 puis, plus tard, des logiciels sur ordinateur.

<u>En tout cas vous envisagez de faire des activités et vous en avez déjà fait, donc vous êtes d'accord pour participer à notre recherche ?</u>

Oui. Lorsque j'ai reçu ma TI-92 j'ai autorisé 2 ou 3 élèves à la manipuler et au bout d'une heure ils la manipulaient mieux que moi. Aussi ce que je vais faire, c'est peut être la faire manipuler directement par des élèves. Je cherche préalablement quelque chose, ces élèves aussi (pas précisé encore) et puis c'est présenté à la classe.

<u>Faire des mathématiques, c'était quoi pour vous ?</u>

Un raisonnement. Un problème n'est intéressant que s'il est sujet à un raisonnement. Donc préalablement, il faut une analyse bien sûr, puis une démonstration. A la rigueur, d'obtenir le résultat bien sûr c'est important puisque c'est l'aboutissement du raisonnement mais c'est le raisonnement... C'est que les élèves apprennent à conjecturer, à résoudre.

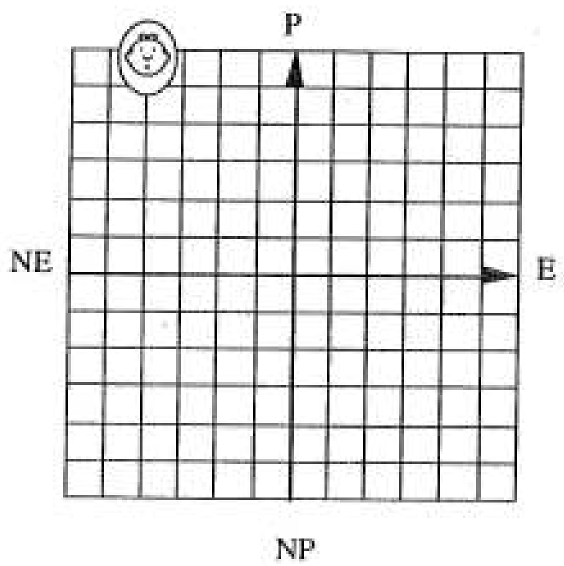
<u>Vous parlez des élèves. Pour vous cette conception est inchangée en devenant enseignant de mathématiques ?</u>

Bien, disons que je me rends compte qu'il faut pas être trop rigoureux avec les élèves et qu'on leur donne des définitions à peu près sachant qu'ils vont pas comprendre la définition vraie. J'ai pas changé de façon de voir mais la façon de découvrir...

Quelle image souhaiteriez-vous qu'aient vos élèves des mathématiques ?

Qu'ils soient sensibles au raisonnement... - ça tourne en rond ! -. Bien disons qu'ils voient dans les mathématiques quelque chose d'applicable directement à la vie courante, dans tous les domaines, pas forcément dans la gestion... la physique. Qu'ils voient toujours des choses qui sont vraiment en rapport avec le calcul. J'espère que mes élèves y verront... même dans un raisonnement sur la vie politique.

Bilan de l'entretien



Le classement " non expérimenté/positif " doit être nuancé :

- l'investissement personnel important (achat d'une TI-92, apprentissage des principales fonctionnalités graphiques, intégration dans la classe) entraîne un déplacement important sur l'axe " non expérimenté/ expérimenté " ;

- il semble ne pas avoir d'idées globales sur l'intégration des outils de calcul ; il en revient fréquemment à ce qui se passe dans sa classe. Sur le calcul formel il a quelques doutes quant à une influence réellement positive. Sa position est plutôt que l'on ne peut juger sans essayer vraiment : de ce point de vue il essaye réellement. Il a déjà des idées d'activités à mettre au point. La caractérisation " positif " semble assez justifiée. On pourrait peut-être dire " positif expérimentateur " (c'est sans doute ce qui explique sa position "positive maximale" sur le graphique ci-dessus) : il estime que l'intégration peut être positive pour certains points, négative pour d'autres. Comme il le suggère pour ses autres collègues du lycée : " il faut essayer pour voir ".

Il faut signaler pour finir que ce stagiaire a comme conseiller pédagogique un membre de l'équipe de recherche (René). Son influence ne semble pas ici déterminante : le stagiaire affirme avoir tenu le même discours avant son stage en responsabilité.

On pourra se reporter au compte rendu de l'observation dans la classe, page...

Entretien avec S10 (non expérimenté, positif)

Bilan partiel du questionnaire d'octobre 1996

Nom de la calculatrice possédée actuellement	**Type de calculatrice**				**Utilisation**			
	S	**P**	**G**	**F**	**Be**	**Ré**	**Ra**	**Pa**
Casio 7000			X					X

Estimez-vous connaitre la dernière calculatrice en votre possession :
Très bien ❐ Assez bien ❐ Un peu ■ Pas du tout ❐

La généralisation des calculatrices graphiques :	Tout à fait	Oui	Très peu	Pas du tout
a. est un "atout" pour l'enseignement des mathématiques		X		
b. rend les élèves plus autonomes		X		
c. permet de développer un débat scientifique dans la classe autour de conjectures, de preuves, de réfutations		X		
d. en facilitant certaines procédures, empêche certains apprentissages élémentaires. Si oui, dans quel domaine ?		X		

La généralisation des calculatrices graphiques nécessite une modification profonde de l'enseignement des mathématiques du point de vue...	Tout à fait	Oui	Très peu	Pas du tout
- du comportement du professeur			X	
- des exercices donnés		X		
- du déroulement du cours		X		
- de l'organisation de la classe		X		
- du programme lui même			X	

Qu'est ce qui, d'après vous, a eu ou aura beaucoup d'influence sur l'enseignement des mathématiques :

La généralisation des calculatrices scientifiques (4 opérations) ❐
La généralisation des calculatrices programmables ■
La généralisation des calculatrices graphiques ❐
La généralisation des calculatrices réalisant du calcul formel ❐
Aucun de ses outils n'influence réellement l'enseignement des mathématiques ❐

Cette année, dans vos classes :

Envisagez-vous de réaliser des activités spécifiques intégrant les calculatrices ?
Oui ■ Non ❐ Je ne sais pas ❐
Envisagez-vous de réaliser des activités spécifiques intégrant les calculatrices graphiques ?
Oui ■ Non ❐ Je ne sais pas ❐
Envisagez-vous d'utiliser une calculatrice rétroprojetable ?
Oui ■ Non ❐ Je ne sais pas ❐
Seriez-vous intéressés par le prêt d'un matériel permettant ce type d'activités (rétroprojecteur, lot de calculatrices graphiques...)
Oui ❐ Non ❐ Je ne sais pas ■

Plus tard, dans vos classes :

Envisagez-vous de réaliser des activités spécifiques intégrant les calculatrices ou les calculatrices graphiques et d'utiliser une calculatrice rétroprojetable ?
Oui ■ Non ❐ Je ne sais pas ❐

Minutes de l'entretien avec S10

(Questions et compte rendu : René Bernard).

Possède une Casio fx 7000G depuis la Terminale. Pour des raisons techniques, il n'y a pas de retranscription précise des réponses, dont on ne donne ici qu'une synthèse.

A - Matériel et usage personnel

Vous avez utilisé presque régulièrement votre calculatrice en Terminale et presque plus en Fac. Comment expliquez-vous cette désaffection ?

Par une non intégration dans le cours et les diverses activités ; par une non incitation du prof.

Vous dites connaître "un peu" votre calculatrice. Quelles sont les fonctionnalités que vous estimez bien connaître ? mal connaître ?

Il semble connaître assez bien les touches gérant les courbes à l'exclusion du menu RANGE (qui permet de régler la fenêtre pour une représentation graphique) qu'il a très peu manipulée.

Vous vous en serviez régulièrement pour tracer des courbes. Avez-vous conscience qu'une courbe peut présenter différents aspects ? Peut-on modifier l'aspect des courbes ?

Non ! Le fait que la seule constante est le sens de variation n'est pas évoqué. La courbe sortie de la machine est **la** courbe.

Avez-vous conscience (connaissance) des limites technologiques de la machine et de leur impact sur les représentations graphiques ?

Les seules limites aperçues sont liées à l'arrondi au 10ème chiffre et le fait que certains points particuliers d'une courbe apparaissent mal. Les raisons des distorsions graphiques ne sont pas évoquées.

Vous dites que l'écriture de programmes est "relativement facile". Quel type de programmes avez-vous écrits ? Utilisés ?

Résolution d'une équation du second degré. C'est tout.

B - Conception de l'intégration

Vos réponses à ce paragraphe sont toutes "oui". Pouvez-vous préciser ces réponses ? Dans votre esprit, des éléments positifs ou négatifs, lesquels l'emportent ?

La calculatrice est avant tout un outil pour vérifier (des calculs, des études de fonctions) mais peut aussi induire en erreur et donc empêche certains apprentissages. Les élèves doivent faire la distinction entre conjecturer et prouver ; sans cela, c'est dangereux.

Pouvez-vous expliquer votre point de vue à propos du fait que la généralisation des calculatrices graphiques nécessite une modification du cours et des exercices mais peu du comportement du professeur ou du programme.

Il faut intégrer la calculatrice dans les activités proposées en classe pour rendre son utilisation nécessaire mais il n'y a pas lieu de modifier la structure du cours (sauf ajouter l'apprentissage du maniement de la calculatrice).

L'influence des calculatrices programmables sur l'enseignement des maths est-elle positive ou négative ?

Elle est positive parce qu'elle incite les élèves à réfléchir sur la manière de réaliser des programmes. Elle favorise donc la réflexion.

Vous souhaitez réaliser des activités avec calculatrices mais vous n'envisagez pas d'utiliser une rétroprojetable. Pour quelles raisons ?

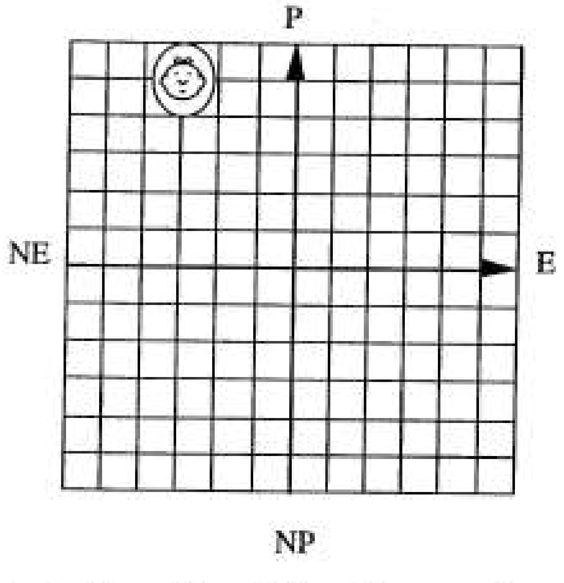
Probablement la crainte d'utiliser un outil inconnu, non maîtrisé. Ce n'est pas une opposition pédagogique, mais le stagiaire n'imagine pas comment on peut exploiter en classe cet outil.

C- Conception de l'activité mathématique

Pour vous, faire des mathématiques, c'était quoi jusqu'à présent ? Le fait de devenir enseignant de maths vous fait-il réviser cette idée ? Faire des mathématiques avec vos élèves c'est (ce sera) quoi pour vous ? Quelle image des mathématiques souhaiteriez-vous que ceux-ci aient ?

C'est chercher, se poser des questions, résoudre des problèmes et donc avec des élèves, il s'agit de les inciter à chercher, à découvrir afin que l'image qu'ils se font des maths soit celle d'un espace de recherche et de découverte.

Bilan de l'entretien



Le classement " non expérimenté/positif " semble convenir :

- " non expérimenté " : il déclare savoir utiliser le traçage de courbe, sans utiliser le menu Range, pourtant essentiel pour cette application ; il déclare savoir programmer, mais n'utilise qu'un programme de résolution d'une équation du second degré. Cette non maîtrise de l'outil est aussi révélée par le refus d'utiliser une calculatrice rétroprojetable, du fait de son caractère inconnu ;

- " positif " : l'influence de la calculatrice est perçue comme positive, comme outil de conjectures et de vérifications, comme stimulation de réflexion, en cohérence avec la conception générale des mathématiques (chercher, se poser des questions). En même temps, l'introduction de cet outil ne semble pas modifier la structure même du cours.

Conclusion des entretiens

La lecture des différents entretiens permet plusieurs remarques.

1. Il n'y a pas nécessairement identité entre le point de vue sur les calculatrices et le point de vue sur les ordinateurs.

C'est particulièrement clair pour S2, hostile à l'intégration des calculatrices, mais qui estime que "l'ordinateur serait un excellent outil d'apprentissage". Plusieurs hypothèses explicatives (dont certaines évoquées par S2 lui-même) pour cette différence d'appréciation :
- l'utilisation de l'ordinateur est décidée par le professeur ;
- la dispersion des modèles est moins grande ;
- on utilise un logiciel, non un ordinateur (on est donc moins lié à une "marque")...

2. Les entretiens confirment certes globalement les caractérisations grossières expérimenté ou non, positif ou non. Cependant ils font apparaître à l'intérieur de ces catégories une dispersion importante.

2.a. Pour le caractère expérimenté, on peut distinguer :

- ceux qui pensent ne pas l'être (et qui, apparemment, ne le sont pas), par exemple S1 : "sur le plan graphique, je me rappelle avoir fait des fonctions, enfin avoir d'abord cherché l'allure de la courbe avec la calculatrice... je ne voyais rien sur l'écran, la courbe était complètement ailleurs, alors je cherchais pendant une heure où elle était, je cadrais, je recadrais, je finissais par y arriver" ;

- ceux qui pensent ne pas l'être (mais qui ont cependant une certaine expertise), ainsi S9 qui a acquis récemment une TI-92 et en étudie les différentes fonctionnalités ;

- ceux qui pensent être expérimentés (et qui semblent l'être en effet), comme S4 qui a réfléchi aux conséquences de la discrétisation des écrans graphiques pour les représentations graphiques des fonctions ;

- ceux qui pensent être expérimentés (et dont l'expertise semble être assez faible), comme S6 qui avoue ne pas connaître les mécanismes de représentation graphique, ou S7 qui n'a jamais été surpris par l'affichage d'une calculatrice.

2.b. Pour le caractère positif/négatif, on peut distinguer :

- parmi les négatifs :
  - ceux qui s'opposent sur le fond aux calculatrices (ainsi S1 : "la calculatrice nie le réflexe mathématique") ;
  - ceux qui s'opposent pour des raisons de forme, c'est-à-dire non liées à la machine elle-même (par exemple S2 pour des raisons sociales - les machines coûtent cher- ou pédagogiques - la diversité des modèles empêche un réel apprentissage) ;
  - ceux qui s'opposent par "ignorance" : ainsi S8, sensible à l'aspect expérimental des mathématiques, ne voit pas en quoi les calculatrices peuvent apporter quelque chose ;

- parmi les positifs :

- ceux pour lesquels l'intégration des calculatrices doit entraîner un bouleversement du cadre du cours "standard" (S3, S5) ;
- ceux pour lesquels "il n'y a pas lieu de modifier la structure du cours" (S10). De ce point de vue, l'intégration, ou non, d'un dispositif de rétroprojection semble assez révélateur de la volonté de changer, ou non, les conditions de l'enseignement.

3. **Nous pouvons enfin tirer un premier bilan relatif à l'hypothèse qui justifiait les dernières questions de l'entretien : il y a bien un lien entre conception de l'activité mathématique et conception de l'intégration des outils de calcul.**

On a relevé dans le tableau ci-dessous les réponses à la question : "Comme enseignant, que représentent les mathématiques pour vous ?".

Non expérimenté/ positif	**Expérimenté/ positif**
"Un problème n'est intéressant que s'il est sujet à un raisonnement... (Il faut) que les élèves apprennent à conjecturer, à résoudre" (S9). *"Il s'agit d'inciter les élèves à chercher, à découvrir afin que l'image qu'ils se font des maths soit celle d'un espace de recherche et de découverte"* (S10).	*"les maths : comme élève jeu et plaisir de chercher ; comme prof, faire passer : l'utilité, le plaisir, le caractère esthétique"* (S3). *"Il y a l'aspect jeu, il y a l'aspect proche de la recherche à mon avis, qui est vaincre un obstacle, résoudre un problème, c'est passer une marche à partir d'éléments disparates, en les agençant, en trouvant des idées"* (S4). *"Faire des maths avec des élèves c'est avant tout utiliser des outils pour résoudre des problèmes (c'est ce qui est premier) en justifiant ou en sachant qu'on peut justifier"* (S5).
Non expérimenté/ non positif	**Expérimenté/ non positif**
"L'image que j'aimerais donner, c'est un certain caractère naturel des choses, une certaine finesse de l'esprit... une certaine rigueur "(S1). *"J'aimerais que les élèves considèrent qu'ils forment leur esprit, qu'ils se bâtissent un esprit rigoureux, un esprit créatif, un esprit d'argumentation et surtout, encore mieux, un esprit jeu de l'esprit"*(S2). *"L'image des mathématiques à transmettre: un outil utile, puissant, rigoureux"* (S8).	*"Faire des mathématiques comme enseignant, c'est faire des raisonnements selon des règles données"* (S6). *"Faire des maths, pour moi, c'est un jeu, c'est ludique (...). Avec les élèves, c'est différent, on est obligé de suivre certains programmes. Eux, ils le perçoivent pas comme un jeu donc. Et même le comportement des élèves fait que c'est difficile de le voir comme ça et c'est difficile à faire passer"* (S7).

Deux pôles se dégagent clairement :

- pour les stagiaires qui ont une conception positive des calculatrices (partie supérieure du tableau), les mathématiques sont un art de conjecturer, de chercher, de résoudre des problèmes ;

- pour les stagiaires qui ont une conception négative des calculatrices, les mathématiques constituent plutôt un art de raisonnement, de la rigueur, de la démonstration.

On observera que pour S7 (expérimenté/non positif), si les mathématiques constituent bien <u>pour lui</u> un jeu de recherche et de débat, elles deviennent, <u>pour les élèves</u>, une discipline liée à un système de contraintes (les programmes...).

Ce lien entre conception des mathématiques et conception des calculatrices est donc tout à fait clair. De ce lien étroit, découlent plusieurs conséquences :

- la première relative à la "pression didactique" (cf. II.3.) : celle-ci n'a de sens que si elle s'accompagne d'une réflexion sur l'enseignement des mathématiques lui-même ;

- la deuxième, inverse, relative à la formation initiale des professeurs : une formation au métier de professeur de mathématiques qui ne s'accompagnerait pas d'une réflexion sur l'intégration des calculatrices se priverait d'un levier précieux (levier au sens de moyen pour analyser et faire évoluer les conceptions des stagiaires) pour promouvoir un enseignement des mathématiques basé sur la résolution de problèmes..

Il nous reste à voir maintenant si les conceptions de l'enseignement des mathématiques et de l'intégration des calculatrices qui sont affirmées dans les entretiens se concrétisent bien en situation, dans la classe. C'est ce que nous allons voir maintenant, pour ceux des stagiaires qui ont bien voulu poursuivre l'expérimentation avec notre équipe.

Remarque importante :

Les observations dans les classes vont aussi permettre d'affiner la typologie mise en place (relative au caractère expérimenté et positif des stagiaires). On trouvera, dans le chapitre qui suit, des caractérisations liées aux stagiaires observés mais aussi aux observateurs eux-mêmes : "non expérimenté de bonne volonté", "positif ouvert"...

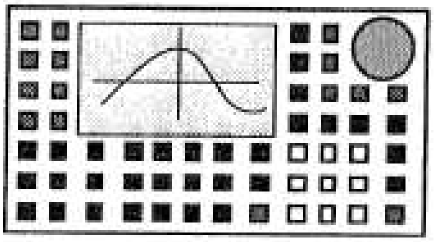
Ces caractérisations manquent sans doute de rigueur, elles ont été données dans "le feu de l'observation". Elles ont cependant deux mérites :

- elles indiquent des évolutions en cours ;

- elles donnent aussi des points de repères pour d'autres observations, elles permettent de poser quelques jalons pour une typologie plus complexe, à construire...

IV. 2 . Observation de séances d'enseignement dans un " environnement calculatrice "

(Janvier/Février 1996)



10 professeurs stagiaires en lycée ont participé aux entretiens. Cinq d'entre eux se sont intégrés ensuite dans le dispositif expérimental : ils ont reçu une calculatrice TI-92 rétroprojetable et ont eu environ un mois pour se familiariser avec son utilisation, avant la séance observée dans leur classe par l'équipe de recherche.

Non expérimenté / Positif S9	Expérimenté /Positif S4, S5
Non expérimenté / Non positif S2	Expérimenté / Non positif S6

<u>Répartition des stagiaires observés</u>

On trouvera dans cette partie un compte rendu de ces observations. Ceux-ci ont été faits avec l'aide d'une grille d'observation commune (cf. page suivante). Ils revêtent en principe une forme identique. Bien sûr, il demeure un certain " caractère propre " lié à la personnalité des différents observateurs.

Quand ceux-ci étaient significatifs, nous avons tenté de relever in extenso les échanges entre le professeur stagiaire (S.) et les élèves (E.) : ceux-ci sont en italique. Nous avons noté aussi les moments problématiques quant à l'utilisation de la calculatrice.

Nous tenterons de répondre ici à trois questions :

- les observations dans les classes font suite aux entretiens avec les stagiaires. Y a-t-il cohérence entre ce que les stagiaires disent et ce qu'ils font ?
- le prêt d'une calculatrice rétroprojetable, la nécessité de préparer une séance l'intégrant en classe, l'observation de cette séance par un professeur "spécialiste" constituent une pression sérieuse. Quels en sont les effets perceptibles ?
- les observations réalisées nous mettent en présence de cinq scénarios didactiques. Quelles leçons peut-on tirer de leur confrontation ?

Grille d'observation

1. Eléments matériels sur la classe

1a. Section, nombre d'élèves, combien d'élèves possèdent quel type de calculatrice...

1b. Disposition matérielle des élèves, du prof, du rétro, de l'écran, du tableau...
1b bis Familarisation avec la machine.

1c. Type de leçon traitée :
- historique de cette leçon (introduction d'une notion, ou exercices d'application...) ;
- type de séance (cours, module, TP...). Détailler le type de travail individuel.

1d. Nature des échanges stagiaire/nous pour la préparation de la séance (les apports respectifs, les désaccords éventuels...).

2. Formalités de prise en main

2a. Type de discours "inaugural" (noter les phrases, les expressions, précises !).

2b. Prise en main technique du rétro (timing, problèmes techniques, participation éventuelle de nous-mêmes...).

2c. Réactions des élèves.

3. Déroulement de la séance

3a. Problèmes technico/mathématiques ?

3b. Rapport calculatrices des élèves/rétro ?

3c. Intervention des élèves sur le rétro ?

3d. Perception des élèves, ambiance.

4. Conclusion

4a. Discours de clôture du maître.

4b. Bilan des élèves.

4c. Rangement du dispositif.

Compte rendu d'observation

Stagiaire S2, " non expérimenté/positif ".
Nom de l'observateur Maryse Noguès.
Date Samedi 1 Février 1997, 8h30-10h.

---

1. Eléments matériels

Effectifs.

Il s'agit d'une classe de seconde, en groupe de module. 13 élèves sont présents, il y a un absent. Le groupe est censé regrouper les "meilleurs" éléments de la classe qui est jugée assez faible en général par son professeur. Un élève a une TI-81 (qu'il ne sortira pas tout de suite) et deux autres une " Casio collège " (qu'ils ne prennent pas immédiatement non plus).

Disposition des élèves.

Les élèves sont assis sur deux rangs, le long de grandes rangées dans une salle spacieuse munie de rideaux. Le professeur est devant eux. Il a installé au préalable le rétroprojecteur et la calculatrice. Il ne s'agit pas en fait de la salle ordinaire de cours mais d'une salle que le stagiaire a demandé car elle est équipée de rideaux et normalement d'un rétroprojecteur. En fait il a fallu que le stagiaire aille en chercher un au CDI.

2. Préparation de la séance, formalités de prise en main, contenu.

Échanges préalables observateur-stagiaire.

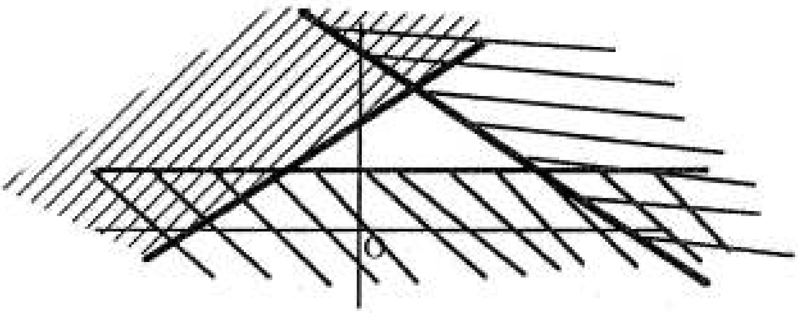
Ce professeur a été classé **non expérimenté et non positif** mais il a une organisation de son cours précise : aussi fallait-il que cette séance, qu'il a entièrement prévue, puisse s'insérer dans sa démarche de cours. La date a donc été décidée par rapport à cet impératif. Par ailleurs, il a choisi de faire cette séance avec le groupe dit "fort", il ne renouvellera pas l'expérience avec l'autre groupe qui lui semble trop peu apte à gérer des problèmes de calculs. Une entrevue a eu lieu entre le stagiaire et l'observateur mais le stagiaire n'a posé aucune question par rapport à la calculatrice : il avait prévu la séance et a choisi de la faire comme il l'imaginait.

Formalités de prise en main.

Les élèves ont vu en cours ce qui va être traité ici, il ne s'agit pas d'une leçon introductive. Un des objectifs du stagiaire est de consolider les acquis en vue d'un contrôle qui doit avoir lieu la semaine suivante.
Le module dure 1h25 (temps prévu).
Comme nous pouvons l'observer dans les minutes de la séance, le stagiaire ne présente pas la séance comme une séance ordinaire, il insiste dès le début sur le caractère très particulier de la TI-92 et du matériel de rétroprojection, il indique aussi les raisons de la présence de l'observateur.

Contenu.

1. Tracer les deux droites $D_1 : 2x - y + 3 = 0$
   $D_2 : -x + 4y - 1 = 0$
2. Déterminer leur point d'intersection
3. Résoudre graphiquement le système $2x - y + 3 \geq 0$
   $-x + 4y - 1 \leq 0$
4. Comment obtenir à l'écran le dessin suivant ?



Remarque : les axes ne sont pas gradués au tableau. Les élèves chercheront à obtenir une configuration ressemblant à celle proposée, à partir d'une fenêtre "standard" qui était alors celle de la calculatrice rétroprojetable. Mais le professeur n'avait donné aucune indication sur ce point : consensus implicite...

Toutes ces consignes ne sont pas données au début du cours, elles vont être écrites au tableau au fur et à mesure de la séance. Les élèves travaillent individuellement sur leur cahier ou échangent avec leur voisin immédiat. Le professeur stagiaire les invite à certains moments à comparer leurs résultats avec leur voisin.

3. Déroulement de la séance.

La séance alterne travail papier/crayon (fait par les élèves de façon individuelle ou avec leur voisin) et moments de correction/institutionnalisation au tableau organisés par le stagiaire (accompagnés de vérifications sur l'écran graphique). La dernière partie de la séance est uniquement axée sur l'écran graphique avec des échanges professeur/élèves assez animés.
Les élèves jouent parfaitement le jeu et, même si le stagiaire considère sa classe comme "faible" du point de vue mathématique, tous les élèves recherchent et sont très attentifs. Pas de tension interne au groupe non plus, même si le stagiaire a présentés les élèves comme pouvant être difficiles.

4. Minutes de la séance.

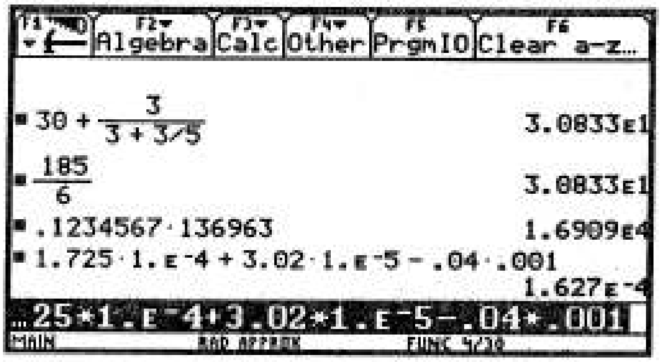
8h30 jusqu'à 8h35 : introduction et dévolution du problème.

Les élèves s'installent, le rétro projecteur est installé et la calculatrice allumée avec l'écran ci-dessous.

Lorsque le professeur a installé le rétroprojecteur j'ai demandé s'il laissait cet écran :

S : oui, c'est pour les mettre de suite dans le bain.

En fait aucun commentaire ne sera fait vraiment sur cet écran.



S : Aujourd'hui, on va travailler sur le régionnement du plan. J'ai une calculatrice, grosse, puissante, compliquée, qui fait plein de choses. Elle est reliée à un rétroprojecteur, c'est comme un transparent, ce qui fait que vous pourrez voir ce que je fais. On va pouvoir dessiner des droites, plans, demi plans.
On va faire un travail expérimental, c'est pour cela que la dame qui travaille sur ces calculatrices est là.
Bon, on n'est pas là juste pour regarder la télé, il faut travailler un peu, même si c'est dommage.
E : Oui, c'est dommage.
S : Voilà, vous tracez les deux droites D_1 et D_2...
E : Dans un plan ?
S: Dans un plan muni d'un repère orthogonal

Il écrit les deux équations au tableau.

8h35 jusqu'à 8h50 : travail " papier/crayon " des élèves.

Les élèves tentent de tracer les droites sur leur cahier. Après 5 minutes environ, une remarque est adressée depuis le tableau à toute la classe.

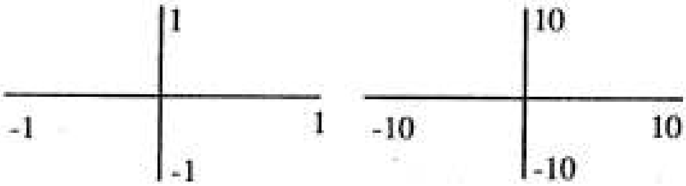
S : Pour tracer une droite, il faut 2 points, par exemple avec $x = 0$ puis $y = 0$. Ça y est, cela vous revient...

Le stagiaire demande aux élèves (et l'écrit au tableau) de déterminer l'intersection des deux droites (pour ceux qui ont les bons tracés). Il continue à passer dans les rangs, un élève demande la confirmation du contrôle de Mardi.

8h50 jusqu'à 9h : utilisation du rétroprojecteur par le professeur.

S : Bon tout le monde a le dessin je crois, donc laissez tomber l'intersection. On va voir graphiquement ce qui se passe. Ça c'est comme un petit ordinateur. On va passer en mode graphique.
Voilà, si dans y1, on écrit x+1, lui va tracer la droite d'équation $y = x + 1$. Si on écrit x^2, il tracera la courbe d'équation $y = x^2$.
Mais on n'a pas la même chose, que faut-il faire ?
E : $y = -2x$
S : Attention. : (AE) : $2x - y = -3$; $-y = -2x - 3$; $y = 2x + 3$.

Pour l'heure, cela s'inscrit en bas, on valide puis on l'obtient en haut. Pour l'autre droite ? Que va-t-il se passer ? (il a entré y = x+1/4)
E : Il faut mettre des parenthèses.
S : D'ailleurs vous avez vu, c'est écrit sous forme de fraction. A propos des axes, "lui", (la calculatrice...) *il ne sait pas si on veut des vecteurs petits ou gros. Comme cet écran est limité, il ne sait pas si on veut :*

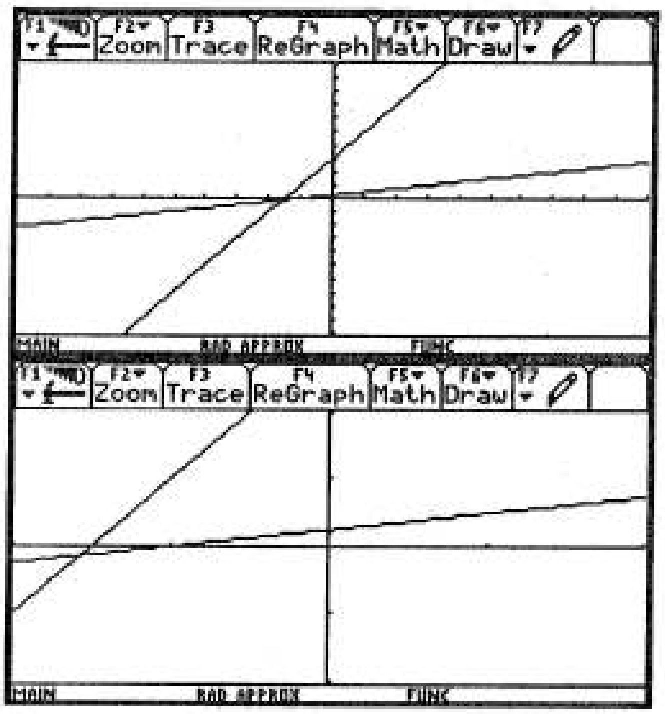


(le professeur fait ce dessin au tableau)

C'est à nous de lui dire. Il y a dans cette machine, un écran standard qui est celui là (il désigne le deuxième ci-dessus), *on verra si on veut modifier ensuite.*

Le professeur choisit l'écran standard.
S : Ces traits correspondent à quoi ? (il montre la graduation des axes)
E : A la graduation.
S : On peut faire un gros plan sur cette partie (il désigne la zone correspondant au point d'intersection). *Quelle fenêtre faut-il choisir ?*
E : -2, 2

S : Bien là on avait l'écran standard, on change. On prend désormais ([-2;2].[-2;2]).



L'élève qui a la TI-81 fait la même chose sur sa calculatrice ; il est rappelé à l'ordre car il n'observe pas toujours le tableau (contrairement aux autres élèves qui sont très attentifs) et car son voisin regarde aussi ce qu'il fait.
S : Tu as la même chose ?
E : Oui,
S : C'est normal, car c'est aussi une Texas.

9h jusqu'à 9h10 : travail papier/crayon des élèves.
S : Bien, maintenant, recherchez les cordonnées du point d'intersection. Quand vous aurez terminé, on va faire des régionnements. Il faut résoudre

$$2x - y + 3 \geq 0$$
$$-x + 4y - 1 \leq 0$$

On demande donc de résoudre un système de 2 inéquations, c'est à dire trouver les points dont les coordonnées vérifient ça et ça simultanément.

Les élèves cherchent à nouveau sur leur cahier. Les élèves les plus en retard cherchent le point d'intersection, les autres résolvent le système d'inéquations, le stagiaire passe dans les rangs.

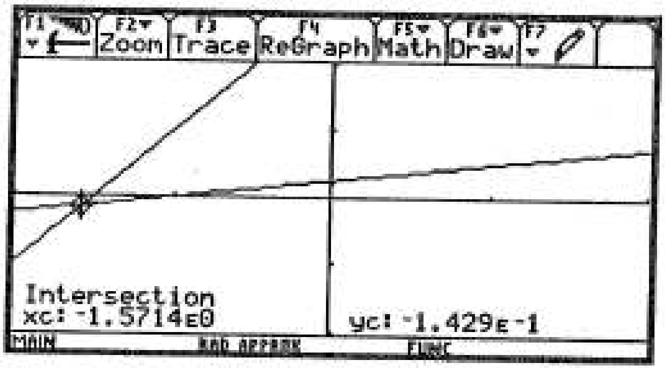
E (réputé être le meilleur du groupe, qui est devant l'observateur) *: j'avais raison, c'était bien ça la solution. Comme quoi de tête, je suis un dieu.*
S : Parfois, oui, c'est ça la chance.

Comme je ne comprends rien à l'échange, je m'informe auprès de l'élève en question : il a, pour résoudre le système, pris un point test (pas O) et vérifié de tête et sans rien écrire, simplement en hachurant.

9h10 jusqu'à 9h25 : résolution au tableau et vérification graphique TI-92 par le professeur.

Résolution au tableau du système d'équation par combinaison : $x = -\frac{11}{7}$, $y = -\frac{1}{7}$.
Puis utilisation de l'application graphique pour vérification :

S : Bon, on va vérifier l'intersection. Dans le menu "math", on a "intersection".
E : Que dit dieu, et si on tape 5, c'est pas pareil ? (dans le Menu F5, la commande Intersection est la commande 5).
S : Je ne sais pas.
E : Oui.
S : bon je recommence, en tapant 5.



Explication sur les questions en anglais qui apparaissent : 1st curve, 2nd curve, lower bound (bound, c'est la frontière, lower la plus basse), upper bound..
S : Cela vous paraît bon ou pas bon ?
E : Oui, c'est bon !
S : L'écriture -1,5714E0 que veut elle dire ? Et -1,429E-1 ? 10^0 ça fait quoi ?
E :1.
S : Donc pour x, $-\frac{11}{7}$ et -1,5714, c'est ça. Et 10^{-1} ?
E : 0,001
Es : Non, 0,1, un dixième.
S : Bon alors ça va...

Enfin, ça n'a pas l'air évident pour tout le monde...
Écriture des solutions au tableau sous la forme : $-1,5714 \times 10^0$ et $-1,429 \times 10^{-1}$.
Je suggère au professeur qu'il peut vérifier exactement sur la calculatrice en utilisant l'application principale en mode exact (commande Solve). Mais il me dit non, qu'il ne sait pas, que je peux le faire. C'est moi qui effectue cette manipulation avec le rétroprojecteur. Je suis assez brève et rapide et les élèves ne disent vraiment rien : ils ont l'air un peu surpris. En fait, d'après moi, cela a été magique pour eux... D'abord la distinction calcul exact/calcul approché, ensuite le fait de résoudre en utilisant "Solve (y1(x) = y2(x), x)" alors qu'ils ne font pas cela pour résoudre un système : ils utilisent des combinaisons.

9h25 jusqu'à 9h30 : rédaction commune.

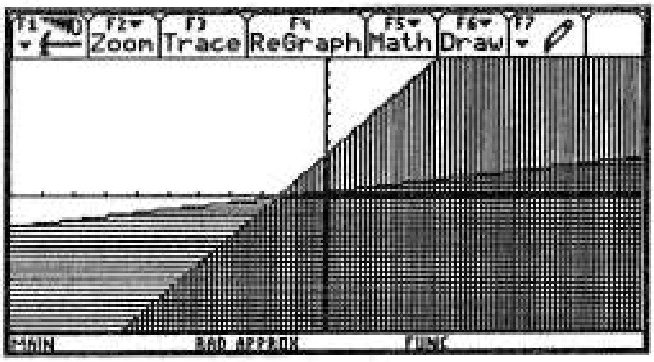
S : Bon j'ai gardé le plus beau pour la fin. On va résoudre le système d'inéquations.

(explications, point test puis demi plan solution)
S : Vous le rédigez seuls, ou on fait une rédaction commune ?
E : Commune.
S : Bon , Loïc (c'est celui qui se qualifie de Dieu)
L : En ....(il dicte la résolution, repris par le stagiaire de temps en temps...).

Résolution du système d'inéquations au tableau collectivement, les élèves écrivent.

9h30 jusqu'à 9h40. Résolution du système avec la rétroprojetable.

S : Je vais remettre la fenêtre du début car c'est trop petit.
E : standard
S : Je vais dans style (passe en revue les styles). On veut quoi, la partie au dessous de la droite, je vais mettre quoi ?
Es : Above, below...
S : Above, ça veut dire quoi ? Dessus. Il faut donc ?
E : Below.



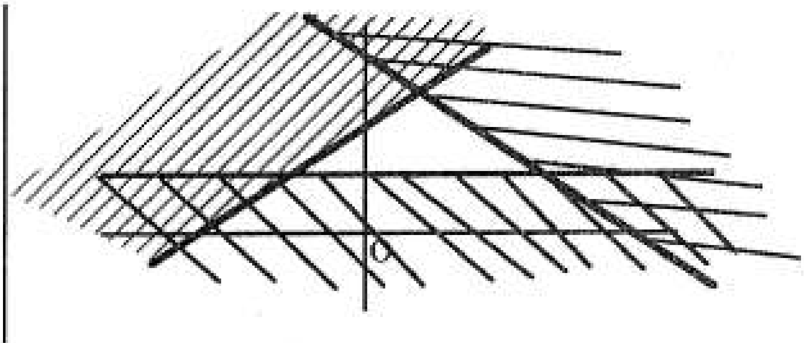
S : Pourquoi, il ne trace pas ?
Je signale qu'il faut utiliser la commande Graph : la région apparaît à l'écran.
S : bon, il faut faire l'autre....
E (ayant la TI-81) *demande si on peut faire la même chose avec sa calculatrice.*
S : Non, c'est pour les monstres.

La classe, très agitée et remuante, observe les régions qui apparaissent et l'intersection.

9h40 jusqu'à 9h50. Travail avec le rétroprojecteur, questions, réponses.

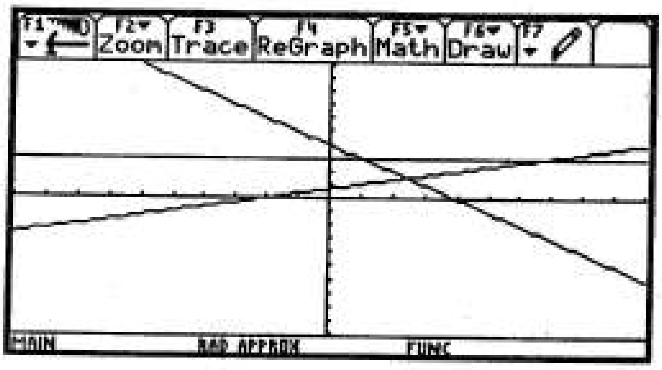
S : Bon, on va travailler maintenant seulement avec l'écran.
Je voudrais obtenir ça sur l'écran (le professeur fait le dessin au tableau).

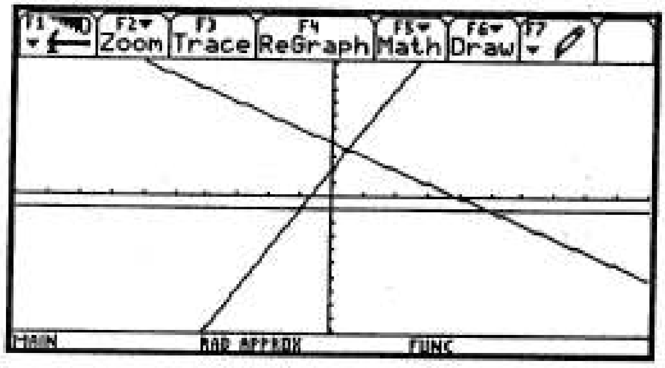
E : Déjà, il faut trois équations de droites.



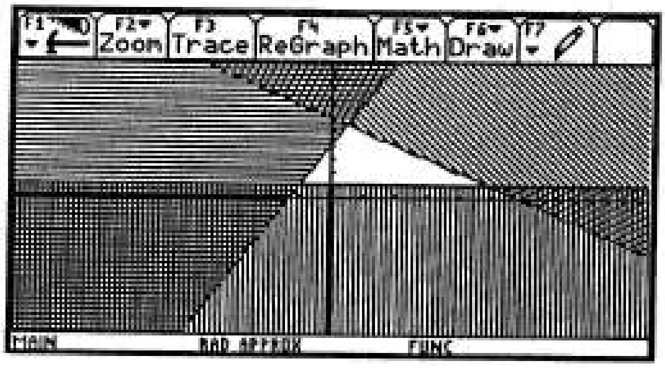
E (Loïc) : Déjà, il faut une parallèle par rapport à l'axe des abscisses, par exemple y = 3 dans y1, et y2 = $\frac{x+2}{3}$.
S : Ça serait laquelle ?
E : Celle de gauche.
S : Pourquoi ?
E : Car le coefficient directeur est positif
S : C'est quoi le coefficient directeur ?
Es : x..., $\frac{x}{3}$ ..., $\frac{2}{3}$....
Un élève (en aparté) : *C'est bien n'empêche, ça vaut cher ?*
E : 1/3
S : La droite va monter vite ?
E : Non.
S : Pourquoi ?...
S : Pour la troisième ?

E : y = -x + 4 (Loïc)
Le professeur entre les deux droites.
S : Est-ce qu'on a la même chose ?
Es : Le triangle il est un peu renversé.
S : Il faudrait faire quoi pour le redresser ?
E : Augmenter le coefficient directeur.
S : Quoi ?
E : 1/2
Autres élèves : 1, 2, 3
S : Je choisis 3.
S : Quoi faire encore ?
E : Dresser la troisième...
E : Changer la parallèle, la baisser. y = -1 par exemple.
S : C'est mieux ?
E : Oui, c'est mieux.
E : Oui, mais là, c'est pas comme au tableau.





S : Comment faire ?
Es : Il faut remonter le dessin.
S : Comment ? On a vu comment on peut remonter un dessin...
E : Translation, translation sur j.
S : Bon on va ajouter 2....
S : Qu'est ce qu'il faut hachurer maintenant ?



Fin de la séance.

Les élèves indiquent pour chacune des trois droites la commande à utiliser : Below (dessous) ou Above (dessus). L'écran ci-dessus apparaît sous les applaudissements des élèves. La cloche sonne, les élèves sortent rapidement. Ils ont encore un cours de math en classe entière l'heure suivante.

5. Entretien après la séance.

Pourquoi avoir choisi ce type de séance ?

- le contenu : adapté à la chronologie du cours qui est axé sur les droites et le régionnement.
- la forme : cela permettait de ne pas avoir trop de problèmes de gestion de matériel et permettait un débat.

Les objectifs fixés ont-il été atteints ?

Oui, et même plus, puisque je ne savais pas si je pourrais faire le dernier exercice.

L'utilisation de la calculatrice vous a-t-elle obligé à modifier certains points de l'exposé ou de l'argumentation ?

Pas vraiment. Cependant, pour le dernier exercice, sans calculatrice, cela aurait été plus dur.

L'utilisation de la calculatrice a-t-elle révélé des obstacles ?

Au début, lorsqu'ils ne savaient plus ce qui était du domaine de la calculatrice et ce qu'ils avaient à faire sur papier (référence au tracé des droites : sur papier, les élèves déterminaient deux points à partir de l'équation cartésienne, mais pour la calculatrice, il a fallu écrire l'équation réduite).

L'utilisation de la calculatrice a-t-elle révélé des comportements d'élèves ?

Ils ont été comme d'habitude.

Par rapport au contenu, le fait d'utiliser la calculatrice vous a personnellement : (plu, surpris, déstabilisé, gêné) ?

Impression neutre, ni particulièrement plu, ni déstabilisé.

Quelle impression globale : satisfaisant, éreintant, ordinaire ?

Plutôt une séance ordinaire, enfin, un peu plus fatiguant, car il y avait davantage de choses à gérer, de structures à imposer et une chronologie à respecter.

Pensez-vous que les élèves ont été plus ou moins intéressés que d'habitude ?

Plutôt davantage intéressés.

Pensez-vous que les élèves ont été surpris, gênés, indifférents ?

Surpris, pas trop. Ils ont un peu fait les pitres...

Remarque de l'observateur : je ne trouve pas du tout (à part la remarque du "dieu") : ambiance assez calme, tranquille. Les élèves ont vraiment travaillé toute la séance.

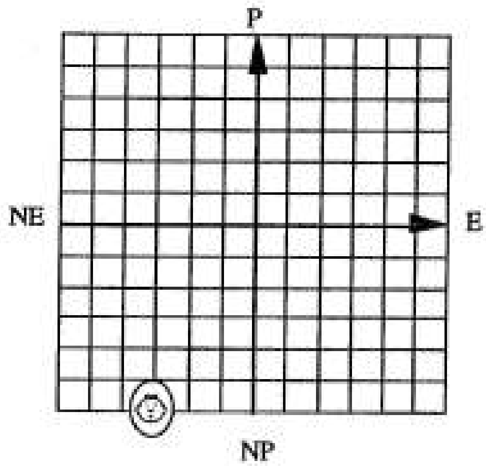
Pensez-vous qu'en terme d'acquisition les élèves ont été plus performants qu'à l'ordinaire ?

Ils ont été plutôt plus performants.

Pour l'avenir, pensez-vous que les élèves souhaitent que vous fassiez d'autres séances de ce type ? Et vous même ?

Que les élèves le souhaitent, c'est possible. Pour moi, cela ne va pas trop dans mon planning et ce n'est pas mon choix de travail.

Conclusion



S2 a été classé "non expérimenté-non positif". Il a participé a l'expérimentation et accepté de réaliser une séance avec la TI-92 sans être convaincu de l'utilité de celle-ci. Lors de l'entretien informel qui a précédé la séance, des éléments plus positifs étaient apparus dans son discours : il a même envisagé de conserver la calculatrice lorsqu'il aborderait avec ses élèves les fonctions. Cette attitude n'est plus la même le jour de la séance : même s'il reconnaît que ses élèves ont été plus motivés que d'habitude, il n'envisage pas du tout de faire une séance du même type avec le deuxième groupe d'élèves réputés plus faibles et rend la TI-92. On a constaté que le stagiaire a présenté la TI-92 aux élèves comme un instrument assez magique qui peut faire énormément de choses : cela marche, puisque les élèves observent bouche bée l'apparition des lignes sur l'écran.

Même si les élèves n'ont pas de calculatrice à leur disposition, il ne laisse cependant pas dans l'ombre les instructions accompagnant les divers écrans qui s'affichent et donne une justification à toutes ces indications (il ne maîtrise cependant pas très bien la calculatrice TI-92).

Le stagiaire a organisé la séance en alternant travail individuel et vérifications collectives au tableau et à l'aide de l'écran. Le dernier exercice suscite une discussion autour d'une image écran que l'on veut obtenir (sans qu'il y ait eu de recherche individuelle préalable).

La mise en pratique confirme pour l'observateur le classement non E-non P; on peut cependant nuancer cette caractérisation en proposant :

- non expérimenté, de bonne volonté : puisqu'il a bien voulu jouer le jeu que nous lui proposions et par rapport à la séquence prévue a observé et appris à manipuler les commandes dont il avait besoin... A part ça, il n'a vraiment pas essayé du tout de regarder quoique cela soit d'autre sur la calculatrice... (voir remarque sur la résolution d'équation dans l'application principale). Mais comme il était vraiment non positif, on peut dire que la pression didactique a joué puisqu'il a malgré tout organisé la séance seul. Mais il ne recommencera pas.

- non positif ouvert : ouvert dans le sens où malgré toute ses résistances il a accepté de participer à l'expérimentation et monté la séance lui même, mais apparemment même s'il note à la fin de celle-ci des aspects positifs, il ne veut vraiment pas continuer. Peut-être pour lui la pression aurait du être plus forte pour qu'il y ait une évolution, par exemple stage en pratique accompagnée dans la classe expérimentale d'un des membres de l'équipe de recherche.

Compte rendu d'observation

Stagiaire — **S4** (" expérimenté-positif ").
Nom de l'observateur — Christian Faure.
Date — Samedi 25 janvier 1997, 8h-9h.

---

1 Éléments matériels

Effectifs.

Il s'agit d'une classe de seconde, en groupe de module (16 élèves d'un niveau jugé plutôt bon par le professeur). Les élèves n'ont pas (utilisé) de calculatrices.

Disposition des élèves

Elle est " classique" : le travail est implicitement individuel. Le professeur a installé lui-même la calculatrice rétroprojetable. La projection se fait sur le mur (lisibilité correcte). Le professeur maîtrise très bien l'ensemble des matériels.

2. Préparation de la séance, formalités de prise en main, contenu.

Échanges préalables observateur/stagiaire.

La séance a été entièrement construite par le stagiaire. Les manipulations de la machine, les aspects pédagogiques ont été exclusivement de son ressort.

Formalités de prise en main

Ce n'est pas la première rencontre des élèves avec une rétro projection. La séance est annoncée par un «… aujourd'hui cinéma …». Les élèves ne semblent pas surpris.

Contenu

Il s'agit d'un problème de lieux géométriques faisant intervenir les théorèmes de géometrie élémentaire. C'est une situation d'application du cours.

> Activité 1 : soit P et Q deux points distincts du plan. R est le symétrique de P par rapport à Q. M, distinct de P, est un point du cercle (C) de diamètre [PQ]. On appelle N le projeté orthogonal de R sur (PM). Quel est l'ensemble des points N quand M décrit le cercle (C) ?
> Activité 2 : (C) est un cercle de diamètre [AB], M un point sur (C) différent de A et de B, I un point de [AB] différent de A et de B. La parallèle à (AM) passant par I coupe (BM) en N. Quel est le lieu des points N ?

3. Déroulement de la séance

L'attitude des élèves est neutre, ils font preuve d'un intérêt poli. Ils ne proposent aucune intervention sur la calculatrice rétroprojetée (le professeur ne fait aucune sollicitation dans ce sens).
Incident de séance : une erreur de manipulation de Cabri (type étourderie : une droite est définie par (OM) au lieu de (PM)) est immédiatement repérée et réparée, sous rétroprojection.

4. Minutes de la séance.

8h.
S : Aujourd'hui cinéma !

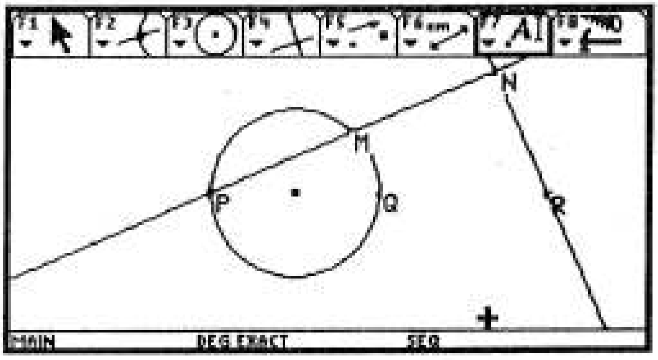
L'énoncé est écrit au tableau. Les élèves sont invités à faire la figure sur papier. Le professeur fait une figure soigneuse au tableau et représente deux positions de M.
Il installe rapidement le rétroprojecteur avec la tablette prête. L'écran, qui sans annonce vient de s'allumer, laisse apparaître un tas de calculs informes. Pendant que les élèves travaillent individuellement, la "cabri-figure"[26] apparaît et s'anime, et révèle une erreur de manipulation : ce n'est pas la droite (PM) mais un rayon (OM) qui a été tracé et qui s'anime. Le professeur s'aperçoit de l'erreur et réagit aussitôt.
Pas d'annonce, pas d'invitation à regarder l'écran. Pourtant l'attention de tous les élèves se tourne vers lui. Des élèves changent même de table pour mieux voir.

S : N'observez pas ce que je fais, faites votre propre figure.

Toute la classe regarde cependant et ne pipe mot.

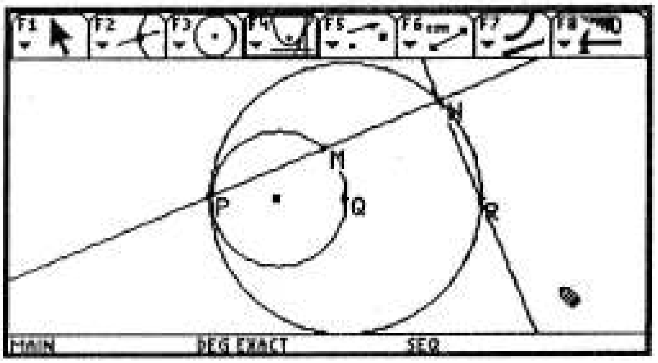
La rectification est rapidement réalisée alors que toutes les manipulations sont rétro projetées. Le professeur relance l'animation mais le cercle lieu est trop grand et la trajectoire du point N est en grande partie hors écran.

S : C'est dommage cette figure est trop grande !



L'observateur signale (en aparté) la possibilité de réduire la figure en déplaçant un point "de base". Le professeur déplace le point Q, la figure se dessine à nouveau de façon plus conforme. La réduction est faite devant les élèves sans aucun commentaire sur ce "prodige" qui d'ailleurs les laisse assez indifférents.
L'animation est relancée.

S : Bon, ne vous laissez pas hypnotiser, d'ailleurs je vais arrêter et on décrira l'ensemble cherché. Qui peut donner l'ensemble cherché ?
Réponse immédiate et argumentée.
S : Tous le monde voit ?
Puis utilisation de la commande [locus] pour dessiner le lieu.
La question semble réglée pour tous les élèves.



8h30.

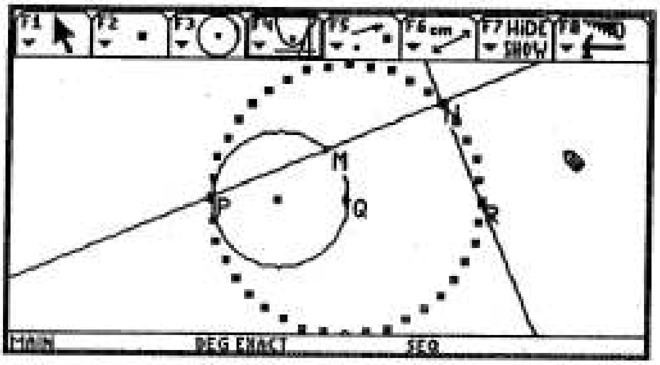
S : Est-ce TOUT le cercle ?
E : P est exclu (ton d'évidence)

---

[26] Colette Laborde [Laborde, 1994] distingue ainsi la figure de géométrie -abstraite- et la "cabri-figure" proposée par le logiciel.

Le professeur fait un long développement sur la nécessité d'une réciproque, que les élèves écoutent poliment. Ils sont invités à formuler la réciproque attendue, et à la démontrer. Le tableau est le support de tout le débat. D'ailleurs la calculatrice s'est éteinte.
L'observateur rappelle alors la difficulté de cette notion de réciproque et signale la possibilité de faire apparaître le lieu en points non connectés.

Dessin du lieu (en DOT). Il permet d'utiliser la discontinuité inhérente à un écran pour justifier de la nécessité d'une réciproque. La démonstration attendue est donnée par une élève, elle est écrite au tableau.
Elle n'est pas totalement convaincante, comme en témoigne cette question d'élève :



E : Puisqu'il y a déjà P sur (PN) et que ça recoupe, ce ne peut être que M.

La remarque n'est pas reprise par le professeur (pourtant, soit N élément du cercle de diamètre [PR], (PN) coupe le cercle de diamètre [PQ] en P donc le <u>recoupe</u> en un point qui est M).

8h45.

S : On va faire un autre lieu .

Le nouveau "cabri-dessin" est en mémoire, dans un dossier. Même type d'exercice, tout se déroule comme dans le précédent (hors la petite erreur). La classe manifeste un intérêt moyen (moindre que pour le précédent exercice) pour ce que montre la rétroprojection. La réponse argumentée arrive très vite, la réciproque sollicitée est reformulée par le professeur sous forme de problème. Réponse presque immédiate de la classe.

S : Si on avait le temps je vous aurais montré un lieu sympa…

9 heures.

Demande générale. Alors que la séance formellement est achevée, le professeur ouvre très rapidement un nouveau fichier. Il s'agit d'une parabole. Le lieu apparaît en "Dot", une élève l'identifie immédiatement. Le professeur essaie en vain (10 secondes) de le faire apparaître en "Connected" puis, estimant que ce sera plus convaincant, passe au tableau pour quelques rapides explications.

Conclusion en fin de séance. Rien de spécifique, la séance doit être écourtée faute de temps. Le professeur propose un aperçu de la suite de la séance écourtée : réponse unanimement positive des élèves.

5 Entretien après la séance.

Pourquoi avoir choisi ce type de séance ?

A cause de l'intérêt que présente CABRI pour animer un problème de lieu sans l'utilisation des transformations géométriques.

Les objectifs fixés ont-ils été atteints ?

Pour les deux exercices traités, cela s'est passé à peu prés conformément à ce qui était prévu. Un gros obstacle au niveau de la réciproque dont la nécessité n'est pas nettement apparue et qu'il a été difficile de formuler. Un écart aussi en terme de quantité de travail prévue (le temps n'a pas été suffisant).

La calculatrice vous a-t-elle obligé à modifier certains points de l'argumentation ?

Non.

L'utilisation de la calculatrice a-t-elle révélé des obstacles ?

Non [La continuité qu'accrédite le tracé du lieu n'a cependant pas du aider le questionnement sur la réciproque - remarque de l'observateur, comme les remarques qui suivent entre crochets].

L'utilisation de la calculatrice a-t-elle révélé des comportements d'élèves ?

Non [Classe très "scolaire" et peu sollicitée à sortir de cette démarche].

Quelle impression globale ?

C'est un outil efficace. Un peu rageant quand on se rend compte après qu'on pouvait l'utiliser plus efficacement [Allusion à une des interventions de l'observateur]

Pensez vous que les élèves ont été plus ou moins intéressés que d'habitude ?

Plutôt plus intéressés.

Pensez vous que les élèves ont été surpris, gênes, indifférents ?

La TI-82 avec rétroprojecteur a déjà été utilisée lors de la séquence sur les fonctions. Ce qui était nouveau, c'était le format de l'écran et le logiciel.

Pensez vous qu'en terme d'acquisition, les élèves ont été plus performants qu'à l'ordinaire ?

Je ne sais pas encore.

Pensez vous que les élèves souhaitent que vous fassiez d'autres séances de ce type ? Et vous même ?

Pour moi, sans problème ; pour les élèves il me semble que ça passe pas trop mal.

6. Conclusion.

Dans cette séance, la forme est extrêmement classique (disposition des élèves, contrat didactique...), la population visée est très "scolaire", de plus, la calculatrice du professeur est seule présente, et utilisée exclusivement par le professeur.

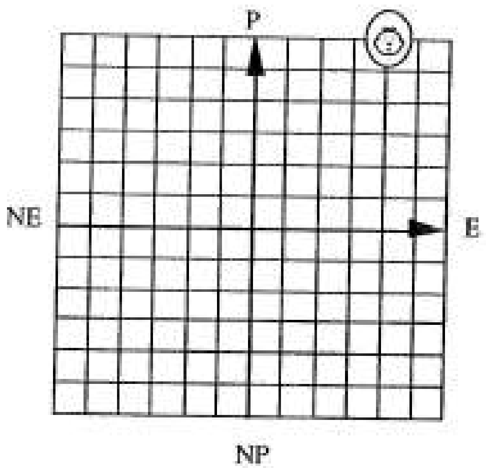
Manipulée avec aisance, elle ajoute un "plus" à cette séance de contenu très conventionnel par l'animation et la présentation soignée des figures.

Cette séance me parait très typique d'une certaine conception de l'intégration. Intégration qu'on pourrait classer « degré 1 » [27] : c'est une des conceptions les plus élémentaires. On a pu l'entendre exprimée à plusieurs reprises tant chez des collègues en exercice que chez des débutants stagiaires : il s'agit d'utiliser la calculatrice comme un tableau animé, dans un contexte d'activités à énoncés classiques.

La formulation de conjectures que permet la calculatrice n'a pas été exploitée. Il n'y en fait aucune rupture conceptuelle avec le travail au tableau, aussi, le professeur ressent-il que la calculatrice n'a pas plus été révélateur, catalyseur que frein.

On peut être surpris par la rapidité de la réponse des élèves : quand bien même les conjectures n'aient pas été sollicitées par le professeur, la démarche semble être faite implicitement par les élèves.

Cette séance illustre le fait que que la maîtrise technique et la maîtrise théorique doivent être complétée par une créativité quant au contenu de l'activité si on souhaite que les conjectures soient non triviales, spontanées et fructueuses.



Pour ce stagiaire, dont on a pu apprécier la pertinence des réflexions pédagogiques, et qui, par sa formation antérieure n'est pas inhibé vis à vis des matériels électroniques, Il'utilisation de la calculatrice a été très conventionnelle (illustration / vérification) mais l'observation permet de préciser la classification initiale :

- "**positif naïf**" (il veut intégrer les calcuatrices dans son enseignement mais refuse de sortir d'un classicisme parfaitement rodé) ;
- "**expérimenté prudent**" (il sait utiliser la calculatrice, anticipe la plupart des difficultés et, très prudemment, ... les élude).

---

[27] Dans ce premier degré, on retrouverait aussi la calculatrice "pour vérifier" un résultat théoriquement établi ; à un degré supérieur, on trouverait des activités du type de celle de l'expérimentation TI-92 (cf. bibliographie, reposant sur des énoncés favorisant débats et comportements de type recherche(par exemple la recherche du nombre de tangentes entre une sinusoïde et une parabole).

Compte rendu d'observation

Stagiaire	**S5** (" expérimenté-positif ").
Nom de l'observateur	Luc Trouche.
Date	Jeudi 23 janvier 1997, 17h-18h.

---

1. Eléments matériels.

Effectifs.

Il s'agit d'une classe de seconde STI, en groupe de module : 13 élèves, 12 calculatrices graphiques. Les élèves semblent assez indifférents, plutôt préoccupés par la gestion des relations internes à chaque groupe, souvent assez tendues. La classe semble assez représentative des ambiances "banlieues".

Disposition des élèves.

Les élèves sont regroupés par groupes de 4 ou 5, disposés en "carrés". Le travail de recherche est mené de façon autonome par chaque groupe avec des appels réguliers au professeur. Des moments de synthèse sont organisés à l'aide de la TI-92 rétro-projetée sur un écran.

2. Préparation de la séance, formalités de prise en main, contenu.

Echanges préalables observateur/stagiaire.

Le professeur stagiaire a préparé seul la séance, sans relation avec notre équipe.

Formalités de prise en main.

Aucun discours introductif, présentant le caractère particulier de la séance, n'est fait. Un simple appel des matériels est fait ("chacun a-t-il pensé à porter sa calculatrice ?"). Un papier (joint) est distribué à la classe, avec le texte des exercices à réaliser pendant l'heure (avec en plus l'énoncé d'un exercice de réflexion à traiter à la maison pour le lendemain).

Contenu.

Il s'agit d'un module consacré au calcul numérique et au contrôle des résultats approchés (éventuellement aberrants) fournis par la calculatrice. Un travail de ce genre a déjà été fait dans cette classe (lors d'une visite d'un membre de notre équipe de recherche, René Bernard, en qualité de représentant de l'IUFM), et le module observé par nous (de 17h à 18h) a été précédé par un autre module (de 16h à 17h), avec le groupe complémentaire de la même classe, composé des élèves les plus difficiles. Le professeur stagiaire maîtrise très bien à la fois la calculatrice et le dispositif de rétroprojection.
On trouvera l'énoncé distribué aux élèves dans l'encadré ci-dessous.

Feuille distribuée aux élèves L'original est manuscrit.

Exercice 1

Soit $A = 10^{20}$ et $B = 4$
A l'aide de la calculatrice, calculer A+B-A.

Exercice 2

Soit $A(x) = (x - \frac{1}{x})^2 - (x^2 - (\frac{1}{x})^2)$

1°) Calculer à la calculatrice A(x) pour $x=1$, 10^{-8} , 10^8 ; que pensez-vous de A(x) ?
2°) Développer A(x).
3°) Que peut-on en déduire ?

Exercice 3

Soit :

$A = ((((((\frac{1}{3}.10 - 3)10 - 3)10 - 3)10 - 3)10 - 3)10 - 3$;

$B = (((((\frac{3}{4}.10 - 6{,}75)10 - 6{,}75)10 - 6{,}75)10 - 6{,}75)10 - 6{,}75)10 - 6{,}75$.

Faire les calculs de A et B à la main et à la calculatrice. Quelles sont les différences ?
Expliquer.

Exercice 4

Donner les principales règles pour l'utilisation d'une calculatrice.
Que pensez vous de : "Faire des calculs à l'aide de la calculatrice est plus facile et plus sûr " ?.

3. Déroulement de la séance.

Le démarrage est assez lent. Les élèves ont du mal à s'approprier les questions et à régler les problèmes techniques sur leurs calculatrices (utilisées uniquement dans leur application numérique). Une erreur de manipulation de Derive par le professeur dans le deuxième exercice (un + au lieu de x) est repérée par un élève. Elle est réparée par le professeur (sous rétro-projection) sans explication. Le résultat affiché par la TI-92 a une forme factorisée. Le professeur écrit au tableau une forme développée, sans commentaires sur l'identité des deux résultats.
Les élèves considèrent l'écran avec beaucoup de distance : la disposition des groupes "en carrés" ne prédispose pas à un suivi régulier de l'écran. Il n'y a d'ailleurs aucune fascination particulière pour le dispositif TI-92. A la fin de la séance, peut-être à cause de l'heure tardive, les élèves quittent la classe sans s'approcher de la machine. Le dispositif est rangé rapidement par le professeur, sous la pression de l'agent d'entretien qui attend pour nettoyer la salle.

4. Minutes de la séance.

17h.

Installation, consigne du professeur (chacun prend sa calculatrice!), distribution de l'énoncé du module. Le professeur allume l'écran, vide.

E : on m'a volé ma calculatrice !
E : fouillez tous les sacs !

Les groupes abordent l'exercice 1 :

Soit A = 10^{20} et B = 4.
A l'aide de la calculatrice, calculer A + B -A.

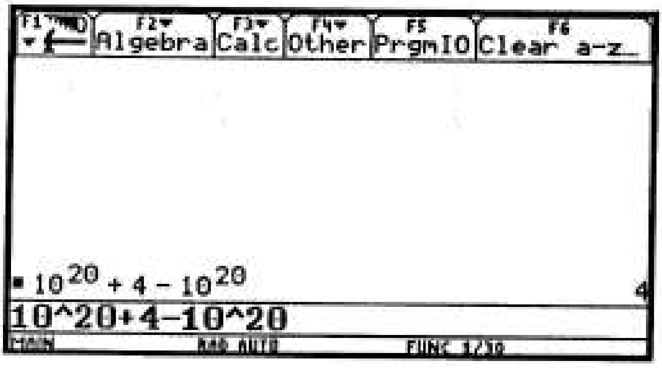
Les élèves travaillent, s'exclament, interpellent le professeur :

E : ça fait zéro !
E : le 4, il est tout à la fin, ça ne sert à rien !
E : pour les puissances, on est obligé de marquer sur la calculatrice le 10 ?
E : c'est pas normal !
E : c'est parce que le chiffre est grand, il y a une marge d'erreur quand on utilise une grande puissance, il y a des arrondis...

17h15.

Le professeur réalise l'affichage en mode auto.
Les élèves regardent l'écran.

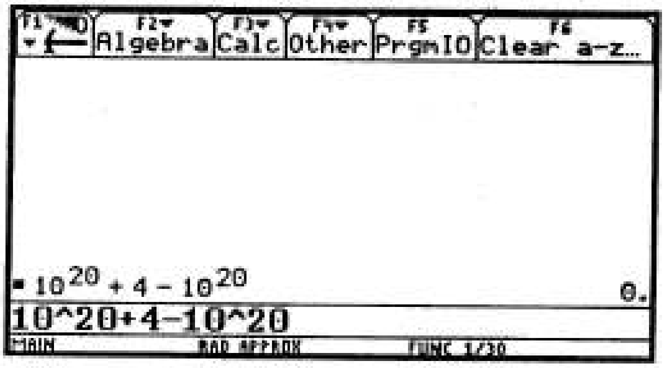
Puis il explique au tableau les troncatures réalisées par la machine et justifie le résultat donné par les calculatrices.



Il écrit 10^{20} = 100 000 000 000 000 000 000. Mais le résultat des calculatrices des élèves n'est pas confronté au résultat affiché par la TI-92.

Nouvelle manipulation : le résultat est affiché en mode approx par la TI-92 sans commentaire.

Le professeur conclut sur l'importance de l'ordre des opérations effectuées par la calculatrice.



P : Comment retrouver le résultat exact avec les calculatrices ?
E : en tapant A-A+B.
P : d'accord, est-ce que c'est bien compris ?
E : Donc il ne faut pas se fier aux calculatrices ?

E : Donc il faut pas s'en servir !
P : Donc on va apprendre à s'en servir.

On note que le professeur ne regarde pas ce que donne A-A+B sur la TI-92 en mode approx, et ne remet pas en cause la nécessité d'utiliser la calculatrice pour de tels calculs...

17h18. On passe à l'exercice 2.

Soit $\mathbf{A(x) = (x - \frac{1}{x})^2 - (x^2 - (\frac{1}{x})^2)}$.

1°) Calculer à la calculatrice A(x) pour x=1 ; 10^{-8} ; 10^8. Que pensez-vous de A(x) ?
2°) Développer A(x).
3°) Que peut-on en déduire ?

Le professeur écrit au tableau l'expression A(x). Deux groupes sur trois sont actifs. Le professeur circule d'un groupe à l'autre et le débat est animé.

E : Ca fait 0 pour 10^{-8}...
E : on ne sait jamais si c'est vrai ou si c'est faux...
P : c'est à toi de savoir si c'est possible ou pas possible, je ne serai pas toujours là... Alors, qu'est-ce que vous trouvez ?
E : Attendez, Monsieur...

Le professeur n'attend pas, et dresse un récapitulatif des résultats proposés par les élèves :

x	1	10^{-8}	10^8
A(x)	0	0 2.10^{-16}	0 -1.10^{64} ....

Un élève émet une conjecture :

E : je pense que pour tous les exposants négatifs, cela ne fera pas zéro... Avec 10^{-8} cela ne fait pas zéro, donc ma théorie est valable.
P : vous entendez ce qu'il dit ? Qui est d'accord avec lui ?
....
P : grosse erreur : il a essayé avec deux valeurs et il dit que c'est toujours vrai !
E : il faudrait que j'essaie avec l'exposant -1, et alors ma théorie commencerait à être justifiée... Oui mais peut-être qu'à partir d'un certain nombre cela ne ferait plus zéro...

Le professeur précipite ce débat crucial sur preuves et conjectures, et déplace le problème :

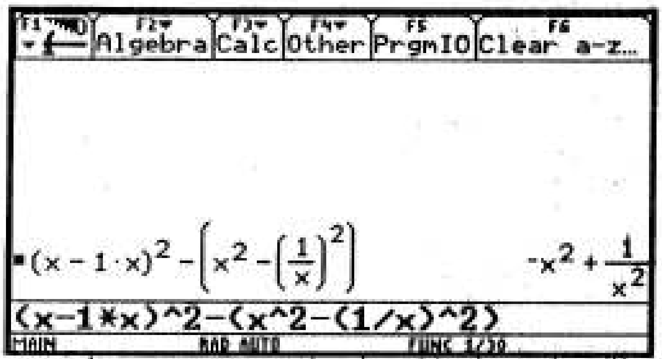
P : exemple : n^2+n+41 est premier.
E : c'est quoi, un nombre premier ?
P : c'est un nombre qui n'a que deux diviseurs, il est divisible par un et par lui-même... Donc on peut croire que n^2+n+41 est premier. Cela marche pour n=1, etc., jusqu'à 39 mais pas après, puisque $n^2+n+41 = n(n+1)+41$, donc pour n=40, on peut factoriser par 41, et on a $n^2+n+41 = 41.41$.
Le raisonnement est explicité au tableau, sans utilisation de la TI-92. Il est clair qu'il passe au dessus des capacités de compréhension de l'ensemble de la classe.

E : Ouh là là, c'est le waille ! [28]
E : Que c'est compliqué !
E : Quel rapport avec mon idée ?
P : C'est pareil, c'est pas parce que quelque chose est juste parfois que c'est juste tout le temps...

La classe ne voit sans doute pas le rapport. Le professeur allume la TI-92.

P : On va sortir le développement, tu vas voir un peu...

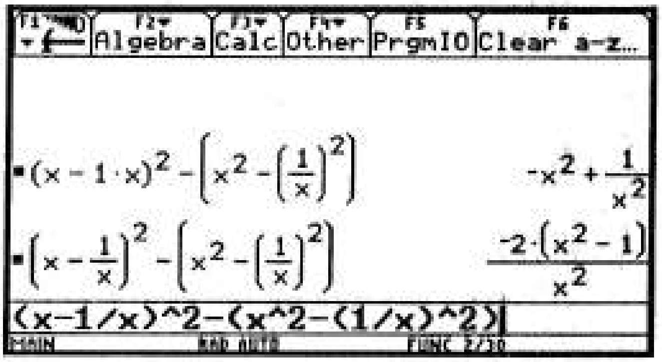
17h33. Retour à la TI-92. Le professeur entre l'expression A(x), mais avec une erreur de frappe.



Après l'affichage du résultat sur l'écran, le professeur circule à nouveau entre les tables. Les groupes ont développé l'expression avec des bonheurs variables (certains ont remplacé $\frac{1}{x}$ par (-x)).
De temps en temps, certains élèves, les plus actifs, jettent un coup d'oeil à l'écran. Le professeur aussi, avec une certaine inquiétude, puisqu'il ne comprend visiblement pas le résultat obtenu. Un échange très intéressant :

E : La calculatrice donne un résultat juste ou faux ? Comment savoir si c'est juste ou faux ?
E : Monsieur, c'est pas logique (en montrant l'écran) : on doit pas retrouver x^2, il s'en va !

Le professeur ne reprend pas la remarque très subtile de l'élève, retourne subrepticement à la TI-92 et rectifie l'erreur :



Le même élève continue sa critique :

E : l'erreur reste, elle monte d'un cran !

Le professeur ne reprend pas cette remarque avec une explication sur la gestion de l'écran.

Le professeur réalise le calcul à la main au tableau, et trouve alors $A(x) = \frac{2}{x^2} - 2$.

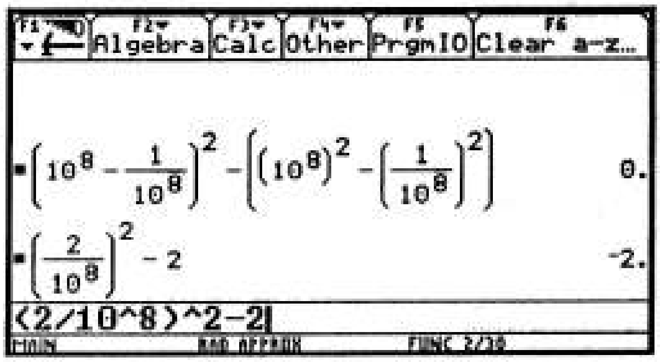
Ce résultat, manifestement, n'est pas identique au résultat donné par la TI-92. Le professeur ne fait aucun commentaire sur ce point. Les élèves, visiblement, sont dépassés par la profusion d'informations : leurs propres résultats "machine", les résultats de leurs développements, les résultats (faux puis exacts) affichés par la TI-92,

[28] Orthographe incertaine. Expression argotique en vogue chez les adolescents. Renseignements pris auprès de mon fils : c'est "n'importe quoi", ou c'est "la confusion la plus complète" (traduction personnelle).

et les résultats du maître au tableau. Aucune question n'émerge donc de la classe sur les différences tableau/TI-92. C'est sans doute le signe d'un décrochage certain des élèves. Le professeur repasse alors à la machine pour une application numérique. Il est notable qu'il ne réutilise pas les expressions déjà affichées en affectant 10^8 dans la mémoire x (il n'a d'ailleurs pas donné d'indication de ce type aux élèves, qui sont ainsi obligés de retaper toute l'expression A(x) pour tout nouveau choix de x, ce qui est assez pénible : on pourrait cependant penser qu'une calculatrice permet justement d'échapper aux tâches répétitives...).

La calculatrice est en mode approx. Les résultats donnés avec l'expression initiale et l'expression finale de A(x) sont différents : le professeur n'indique pas qu'ils sont tous les deux faux.

Le professeur repasse au tableau pour expliquer les troncatures réalisées par la calculatrice.



Une certaine confusion s'installe :

P : La calculatrice s'arrête à 12 chiffres. Donc 10000000+ 0,0000001, pour la calculatrice, cela fait quoi ?
E : Moi, cela ne m'a pas donné cela !
P : Avec tous ces chiffres, la calculatrice s'est complètement perdue...
E : On ne peut pas avoir plus de chiffres ?
P : non ! C'est programmé pour... Ce qu'on peut, c'est éventuellement changer l'ordre des questions

Le professeur reprend les leçons de l'exercice 1 : A+B-A. Une semi rixe commence dans un coin de la classe, illustration d'une certaine tension entre les élèves :

E : Monsieur, est-ce que je peux sortir 2 mn avec lui ?
P : si tu sors, c'est chez Monsieur Martinez... (CPE du lycée).

Le professeur garde un calme certain, malgré cette tension et la multiplicité des questions mathématiques et techniques que pose l'activité en cours.

P : Reprenons : $(10^8)^2$, cela fait 10^{16}, $\frac{2}{10^{16}}$ cela fait 2.10^{-16}. Et -2, pour vos calculatrices, cela fait... -2. Ce qui est bien sûr faux.
E : À quoi cela sert, alors ?
P : Cela sert à mieux utiliser ta calculatrice. C'est comme un instrument de mesure; Est-ce que tu vas prendre un double décimètre pour mesurer Nîmes-Montpellier ?
E : Non, Monsieur, je prends un avion !
Donc, avec une calculatrice, c'est pareil. Essaie l'exercice 3.

La classe passe à l'exercice 3. mais une certaine lassitude la gagne. Et l'exercice 3 présente de sérieuses difficultés techniques : empilement de parenthèses (cf feuille jointe), ambiguité possible des signes + et x...

E : Monsieur, j'y arrive pas, à chaque fois il y a error !
E : Monsieur, ça déraille complètement, ce truc !
E : pouquoi vous faites si long ? Vous ne pouvez pas faire plus court ?

17h58. Fin de la séance. Les élèves doivent finir pour le lendemain les questions 3 et 4.

5. Entretien après la séance.

Le professeur signale que les élèves travaillent toujours en groupe lors des modules. Ils sont très faibles en calcul algébrique. L'activité avec calculatrice intéresse d'après lui davantage les élèves, *"cela capte leur attention"*. Le professeur déclare n'avoir été ni gêné, ni surpris, ni déstabilisé. Il a cependant trouvé la séance plus fatigante que d'habitude : *"combiner le support du tableau et de l'écran exige une attention soutenue"*. Les élèves semblent avoir été plus intéressés que d'habitude (pas plus performants). Ils souhaitent sans doute avoir d'autres séances de ce type. Le professeur souhaite garder aussi la TI-92 quelques temps.

Le bilan des réponses à la dernière question posée aux élèves (cf. exercice 4 de la feuille distribuée, pages précédentes) est instructif. 12 élèves (sur 13 présents) ont rendu une réponse pour cet exercice qui était à faire chez soi, après la séance que nous venons de relater.

i) Donner les principales règles pour l'utilisation d'une calculatrice.

- 11 élèves évoquent la nécessité de contrôler le format des nombres *(" la calculatrice ne comprend pas les nombres qui ont plus de 12 chiffres ")* ;
- 8 élèves évoquent la nécessité de réfléchir à l'ordre des calculs que l'on fait *(" il vaut mieux faire A-A+B que A+B-A ")* ;
- 5 élèves indiquent qu'il faut veiller à ne pas se tromper en rentrant les données sur le clavier ;
- 4 élèves indiquent qu'il faut connaître le mode d'emploi de la calculatrice ;
- 1 élève insiste sur la nécessité de contrôler le parenthésage *(" pour ne pas se tromper dans le carré d'une somme ")*.

ii) Que pensez-vous de " Faire des calculs à l'aide de la calculatrice est plus rapide et plus sûr " ?

- 10 élèves indiquent qu'on ne peut pas faire confiance à la calculatrice, avec des phrases souvent fortes : *" Ne jamais lui faire confiance "*.
- 6 élèves seulement indiquent que la calculatrice peut être plus rapide. Ces 6 élèves soulignent en même temps que cela suppose de contrôler ce que l'on fait. Mais il y a dans ces 6 appréciations, qui témoignent d'une compréhension générale du TP, différents niveaux de clarté :
    - une clarté certaine : *" une calculette n'est pas fiable à 100%, à nous de l'utiliser correctement "* ;
    - une clarté... plus obscure (c'est un seul élève qui écrit ce qui suit) : *" à partir de 12 chiffres, la calculette peut faire des erreurs. Faire des calculs à la calculette apporte rapidité et aucune erreur. La machine est moins intelligente que l'homme. Elle est juste plus rapide"*.

Les réponses des élèves apparaissent très liées aux exercices traités. L'idée, nouvelle pour eux, qu'une calculatrice peut se tromper domine. Les conditions de complémentarité du calcul "à la main" et du calcul "avec calculatrice" n'apparaissent pas encore nettement.
Ce résultat reflète le discours du professeur pendant la séance, qui a beaucoup insité sur les faiblesses de l'outil. Cela indique qu'une activité de ce genre ne doit pas rester isolée, mais s'inscrire dans un apprentissage régulier du calcul dans un " environnement calculatrice ".

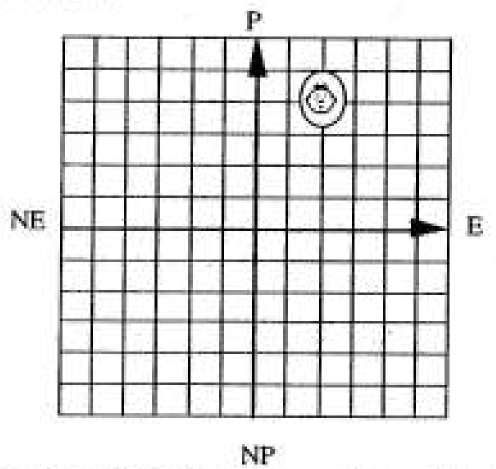
6. Conclusion.

La séance observée semble être une illustration de l'extrême difficulté de combiner, dans la même séance, un travail de groupe (qui nécessite un centrage de la réflexion à l'intérieur de chaque équipe) et un travail autour d'un écran au tableau (qui nécessite une focalisation sur un seul point de toute la classe) : cette difficulté est renforcée par le fait que l'outil rétroprojeté et l'outil à disposition des élèves ne sont pas les mêmes. Cela a induit une mauvaise coordination par le maître de l'écran et du tableau, et un mauvais suivi du rythme propre de travail des élèves. Il faut sans doute choisir, dans le travail avec instrument, entre deux configurations :

- une configuration de recherche organisée autour des instruments des élèves ;
- une configuration de classe dans un débat scientifique organisé par le maître, où la calculatrice rétroprojetable joue un grand rôle.

En particulier, dans ces moments de synthèse, il faut :

- distinguer les modes approx ("la calculatrice fonctionne alors comme les calculatrices des élèves") et exact ;
- combiner avec soin le travail au tableau et le travail écran : c'est ce qui permettra aux élèves de combiner à leur tour le travail papier/crayon et le travail clavier/écran. Bref, cette observation me semble prouver avec éclat que la bonne maîtrise technique et théorique d'un instrument et la bonne volonté pédagogique (faire travailler les élèves de façon autonome, mettre en place des situations problématiques...) ne suffisent pas pour maîtriser tous les paramètres d'un apprentissage avec instrument.



Le propos du maître s'est infléchi en cours de module. C'était au départ un discours plus axé sur les faiblesses de l'outil que sur les modalités de son contrôle, il s'achève par une exhortation à utiliser avec discernement l'instrument : "ce qu'on a fait sert à mieux utiliser une calculatrice. C'est comme un instrument de mesure : est-ce qu'on va prendre un double décimètre pour mesurer la distance Nîmes-Montpellier ?". C'est une bonne transition pour l'exercice 4 qui est donné comme réflexion "de prolongement" à la maison. Les intentions du professeur, lors de cette séance, confirment bien le classement "positif/expérimenté ".

On pourrait affiner cette classification en parlant de

- " **positif engagé** " : la prise en compte des outils des élèves, la décision de garder la TI-92 après la séance d'observation, le questionnaire donné aux élèves, traduisent bien une volonté d'adaptation à un "environnement calculatrice" ;
- "**expérimenté naïf** " : le professeur ne distingue pas les faiblesses du dispositif mis en place pour cette séance. Il semble manquer du recul nécessaire à une analyse critique. L'activité et l'intérêt des élèves semblent être le seul critère de la réussite d'une séance.

Compte rendu d'observation

Stagiaire	**S6** (" expérimenté-non positif ").
Nom de l'observateur	Christian Faure.
Date	Jeudi 23 janvier 1997, 15h-16h.

---

1. Les éléments matériels.

Effectifs.
Il s'agit d'une classe de seconde STI en groupe de module. 16 élèves sont présents. Les élèves disposent d'une calculatrice graphique et de quatre calculatrices"collège".

Disposition des élèves.
La disposition est " classique". Le travail est implicitement individuel.
Le professeur utilise une TI-92 rétroprojetée sur un écran, la lisibilité est correcte.

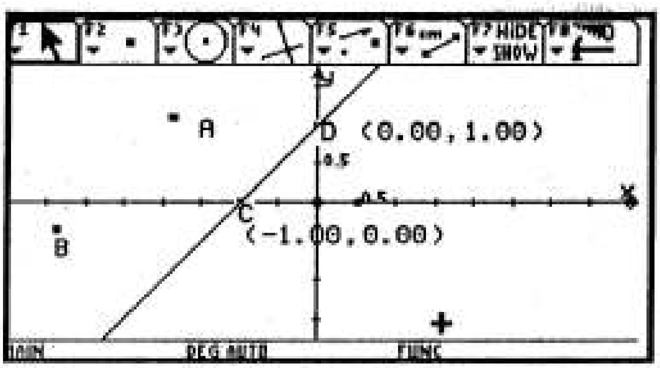
2. Préparation de la séance, formalités de prise en main, contenu.

Préparation de la séance.
Quelques contacts téléphoniques et une courte discussion juste avant la séance ont précédé l'observation. Le sujet, la forme de la séance sont du ressort du professeur stagiaire.

Formalités de prise en main.
Aucune présentation du dispositif n'est faite, bien que les élèves semblent vaguement interrogatifs. La manipulation du dispositif TI-92 est un peu maladroite, les observateurs ont dû participer à la mise en place du dispositif (installation et réglage du rétroprojecteur).

Contenu.
La séance se rapporte aux équations de droites, en particulier aux condition de parallélisme de deux droites. Les questions sont posées au fur et à mesure de la séance.

Une droite est donnée sur la TI-92, avec les coordonnées de deux de ses points C et D. Il s'agit d'en déterminer une équation.
Puis on demande d'étudier le parallélisme de (AB) et de (CD).
(Les coordonnées de A et B seront données en cours de séance et sont prévues pour définir deux droites sécantes dont le non-parallélisme n'est pas évident).



3. Déroulement de la séance.

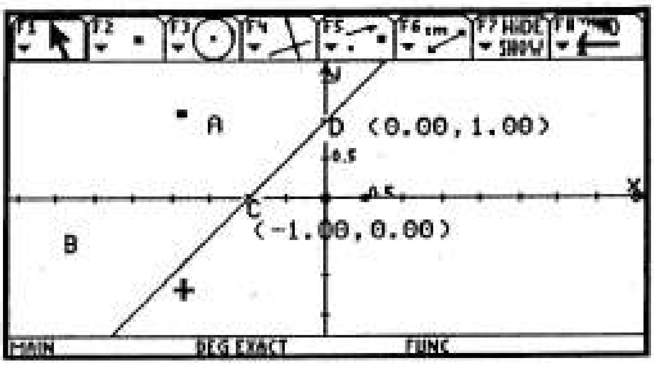
La séance est très animée, les élèves sont très intéressés. Il n'y a cependant aucune intervention des élèves sur la calculatrice rétroprojetée (ni demandée par les élèves, ni sollicitée par le professeur). Une erreur de manipulation de CABRI marque le déroulement de la séance : lors de la définition d'une droite (AB) avec A et B donnés, il y a duplication du point A. Le pseudo point A définit avec B une droite parallèle à la droite (CD) alors que la droite (AB) initialement prévue ne l'était pas.

4 . Minutes de la séance.

15 h. Recherche de l'équation de la droite (CD).

La séance commence, rétroprojecteur allumé, avec l'écran ci-contre sans autre préambule ni précision sur le caractère particulier de la séance.

Aucune remarque sur quelques bizarreries d'affichage des coordonnées (-1.00,0.00)



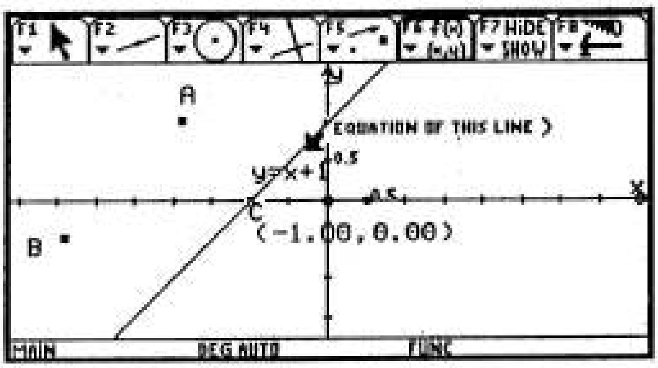
P: Bon, on s'y met, aujourd'hui, équation de droites. On prend un point M sur la droite...
E : Où est le point M ?
P : C'est vrai, j'aurais pu le mettre.
E : C'est pas grave, Monsieur, n'importe quel point fait l'affaire.

Le concept de point M générique n'est pas évident. Cette virtualité est d'autant plus difficile à admettre qu'un écran investi de toute les qualités de précision et de véracité. Les élèves cherchent l'équation de la droite. Après quelques errements, une équation est écrite au tableau.

E: (y-1), on peut pas mettre y ?
P : non, y-1 c'est y-1 ......qu'est ce que tu veux en faire ?
E : c'est -x-y+1=0 ?
P : non x-y-1 = 0 !
E : Monsieur, détaillez les calculs !

Le professeur fait apparaître l'équation cherchée sur la calculatrice. La calculatrice est utilisée par lui comme outil de vérification sans appel...

Pour les élèves : la calculatrice apparaît comme un biais pour échapper à la réflexion, comme en témoigne l'échange qui suit :



E : Ouai, c'est en anglais !
E : C'est autorisé pour les contrôles ?
E : Il faut mettre un traducteur !
E : En français, ce serait mieux !
E : Ça, c'est trop bien !

15h 15. Un problème de parallélisme.

Le professeur représente une nouvelle droite sur la TI-92, et interroge la classe :

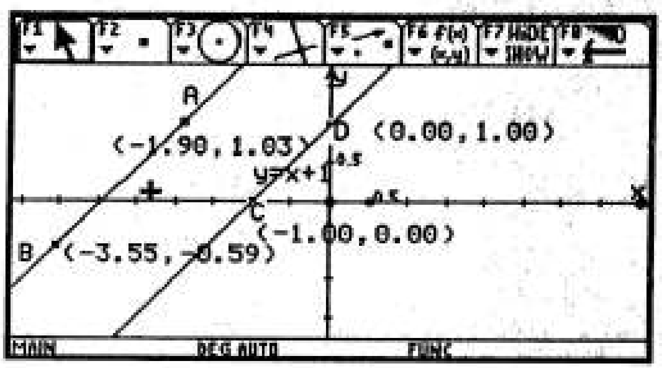
P : La question que l'on peut se poser : est-ce que les droites sont parallèles ? ... et bien on fait la colinéarité ! Qui a sa calculatrice ?

E : Vous nous avez dit :"pas de calculatrice" ! [29]
P : Partagez vos calculatrices ! Qui peut expliquer ce qu'il faut faire ?
E : Même coefficient directeur !

La notion de débat scientifique n'est pas si évidente que cela : elle ne peut pas se résumer à un jeu de questions - réponses. D'autre part, le contrat autour des calculatrices n'est pas clair.

C'est ici qu'intervient l'erreur de manipulation déjà évoquée : pour créer la droite (AB), un point «sans nom» indiscernable du point A a été créé.

Du coup, la droite («sans nom»B) obtenue est parallèle à (CD) alors que la droite (AB) prévue ne l'était pas.



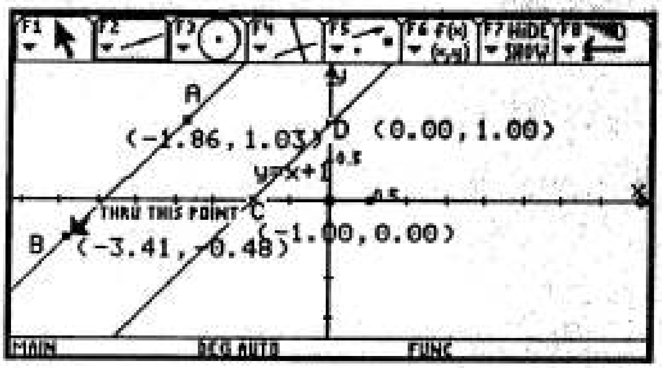
Le professeur réagit avec sincérité et "rebondit" plutôt bien... Mais la forme est un peu discutable : il fait sur la calculatrice rétroprojetée des calculs "privés" : -1,9 + 3,41 = 1,51 ; 1,03 + 0,48 = 1,51 sans commentaire ou explication. L'utilisation de la TI-92 pour ce type de calcul n'est sans doute pas indispensable !

P : Les deux vecteurs sont colinéaires !

8h30

Une deuxième tentative, cette fois les droites sont comme souhaitées.

P : les coefficients directeurs sont proches...
E : mais différents...
E : le point de rencontre est à des kilomètres !
P : Puisqu'on a une calculatrice, on va visualiser...
E : Monsieur, prenez F4



La dernière remarque de l'élève est tout à fait intéressante : il a repéré, à partir d'une icône très suggestive, que le Menu F4 a un rapport avec l'intersection des droites. Cela témoigne d'une habitude de repérage sur les écrans (pas nécessairement ceux des calculatrices bien sûr, mais plus généralement les écrans de jeux). Le professeur, pris de court, ne reprend pas la suggestion de l'élève.

E : Monsieur, pourquoi la droite tourne à droite puis remonte ?
P : Il faut demander aux spécialistes !

Moment très intéressant aussi : un élève a repéré que, du fait des contraintes de discrétisation de l'écran, la droite est représentée par une ligne brisée. Le professeur

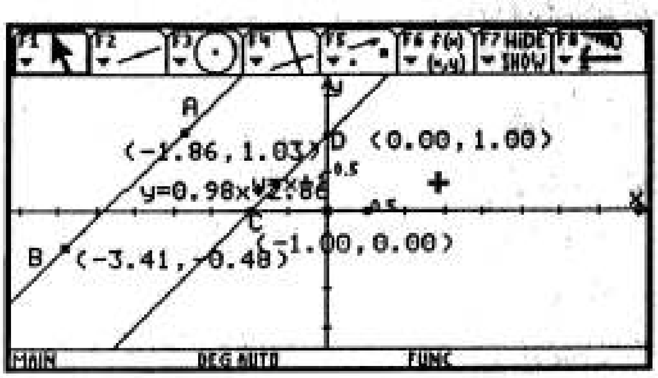
[29] Cette remarque d'un élève, non reprise par le professeur, témoigne d'une certaine ambiguité des consignes préalables à cette séance...

préfère interpeller les "spécialistes", c'est à dire les deux observateurs présents au fond de la classe. L'un d'eux, pris au dépourvu, se hasarde dans une explication hermétique et peu convaincante à force de la vouloir brève : il aurait fallu ici un dessin au tableau, présentant l'impossibilité (en général) de représenter une droite "oblique" à partir d'un pavage de pixels. Les élèves n'osent pas demander une explication complémentaire : l'autorité des spécialistes s'impose...

8h45. Recherche du point d'intersection des deux droites.

Le professeur a fait apparaître l'équation réduite de (AB). La fenêtre graphique devient un peu confuse (cf. ci-dessous).

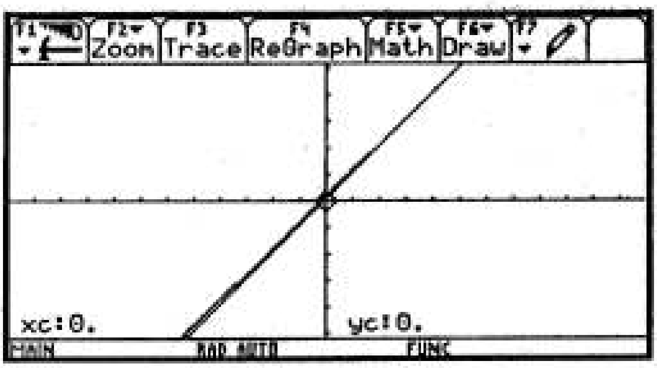
P : comment on va savoir si le point de rencontre est en haut ou en bas
E : avec le zoom
E : on voit la pente la plus faible et la plus forte .
E : celle-ci monte plus vite que l'autre
P : merci de m'expliquer mais je sais...



Petite crispation du professeur. On peut mettre cette "crise d'autorité" sur le compte de la situation d'instabilité créée par cette machine qui n'est pas très bien maîtrisée (et d'une classe qui apparaît aussi sympathique qu'impitoyable).
On note aussi la conjecture d' élève qui n'est pas relevée comme telle ("la droite monte plus vite...") ou du moins pas reliée aux coefficients directeurs. Il est vrai que le professeur doit gérer, outre la calculatrice, un bouillonnement d'interventions.

Le professeur passe dans l'application graphique. Il ne fait aucun commentaire sur ce changement pourtant très important de cadre : dans cet environnement, on traite de fonctions. Il saisi Y1 = X + 1 et Y2 = 0,98 X + 2,88 .
L'importance, dans cet environnement, de la fenêtre d'affichage n'est pas mentionnée. D'ailleurs, il n'y a pas eu de réglage de cette fenêtre. Les deux fonctions sont représentées et après quelques "ZOOM OUT" effectués sans discours par le maître, la configuration ci-dessous apparaît :

E : elles sont confondues
P : c'est pas parce que je regarde de plus loin que c'est davantage confondu. Qui me donne une idée ?
P : il n'y a qu'à le demander à la calculatrice...
E : alors ça sert à rien d'apprendre les leçons.



C'est un comble : l'élève (un peu filou évidemment) évoque la nécessité d'un détour théorique, le maître s'en remet à la calculatrice.
P : On va lui faire résoudre une équation, c'est SOLVE... *La machine donne un nom à chacune des droites ...*

Alors que les choix faits dans l'application graphique avaient été : Y1 = X + 1 et Y2= 0,98 X + 2,88, le professeur écrit au tableau : Y1= 0,98 X + 2,88 et Y2 = X + 1.

E : C'est le contraire
E : Y a qu'à regarder…

Les élèves manifestent décidément de grandes qualités d'observation... Le professeur vérifie, et rectifie les étiquettes des droites. Puis il résout l'équation avec la calculatrice. Deux remarques sur ce point :
- pour résoudre une équation aussi simple, la TI-92 n'était pas indispensable ;
- mais si le choix de l'utiliser était fait, il fallait nécessairement commenter le nouveau cadre de travail (c'est la première fois que la calculatrice est utilisée comme outil de calcul symbolique depuis le début de l'heure).

La machine affiche le résultat de SOLVE (Y1(X) = Y2(X), X) .

P : Montrez que vous êtes plus intelligents que la machine, faites le calcul! Il faut vérifier ce que dit la machine, il ne faut pas lui faire confiance aveuglément !

La calculatrice ayant fait le travail, les élèves ne voient pas l'intérêt d'une vérification "à la main".

P : On va voir maintenant la localisation …

Le professeur revient dans l'application graphique et prend ZOOM BOX. Une "localisation" n'exige pas des valeurs exactes, heureusement car dans l'application graphique il s'agit de calculs approchés.

Il ne me semble pas que le professeur soit conscient de tout cela après cet appel à la défiance alors que l'environnement de SOLVE fait du calcul exact.

E : Ouah, il ouvre la fenêtre et tout! Un mini-ordinateur !
E : A mon avis, on n'arrivera pas à le voir
E : On peut se déplacer avec des flèches ?

Dans cette ambiance assez passionnée, le professeur essaie en vain de mettre en évidence le point d'intersection . (L'utilisation de TRACE aurait au moins éclairé des spéculation sur l'égalité des droites.)

C'est la fin de la séance.

E : C'est l'heure !
E : déjà !

Les élèves se précipitent, entourent le dispositif de rétroprojection, appuient sur quelques touches jusqu'à ce que s'affiche le message ERROR. Cela exprime sans doute une très forte curiosité des élèves pour ce dispositif.

5. Entretien après la séance.

<u>Pourquoi ce type de séance ?</u>
Pour profiter du petit effectif lors des modules, pour conforter la pratique des équations de droites.

<u>Les objectifs fixés ont-ils été atteints ?</u>
La pratique de ces calculs, la nécessité de vérifier les conjectures étaient des objectifs. Il me semble qu'ils sont raisonnablement atteints. Mais les techniques de calculs sont plus laborieuses que prévus, c'est le problème avec CABRI.

<u>La calculatrice vous a-t-elle obligé à modifier certains points de l'argumentation ?</u>
Cela ajoute de la crédibilité au problème de droites qui semblent parallèles, les situations peuvent être plus variées.

<u>L'utilisation de la calculatrice a-t-elle révélé des obstacles ?</u>
Des obstacles du calcul.

<u>L'utilisation de la calculatrice a-t-elle révélé des comportements d'élèves ?</u>
Certains élèves ont été plus motivés et plus actifs.

<u>Par rapport au contenu, quel a été l'effet de la calculatrice ?</u>
Pratique très intéressante mais il y faudrait plus de continuité.

<u>Quelle est votre impression globale : satisfaisant, fatigue ?</u>
Pas plus qu'à l'ordinaire.

<u>Pensez-vous que les élèves ont été plus ou moins intéressés que d'habitude ?</u>
Plus intéressés.

<u>Pensez-vous que les élèves ont été surpris, gênés, indifférents ?</u>
Manifestement un peu surpris.

<u>Pensez-vous qu'en terme d'acquisition, les élèves ont été plus performants ?</u>
Un peu, il me semble.

<u>Pensez-vous que les élèves souhaitent que vous fassiez d'autres séances de ce type ? et vous même ?</u>
Sûrement ! Moi aussi.

6. Conclusion.

Lors du questionnaire, puis de l'entretien, ce stagiaire a exprimé toute sa défiance vis à vis des calculatrices mais s'est prêté avec beaucoup de bonne volonté et de gentillesse à cette observation.

Indiscutablement, les élèves se sont intéressés à cette séance dont le contenu était pourtant d'un extrême classicisme. La forme de la séance était tout aussi classique.

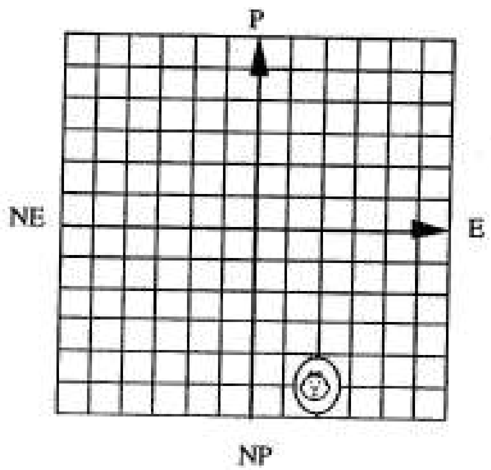
La conception de l'activité mathématique, intégrant l'intérêt d'un "débat scientifique", est assez sommairement exprimée lors de l'entretien ; cependant, dans la séance observée, ce débat est réduit à un jeu de questions réponses.

La maîtrise de l'outil était sans doute trop superficielle pour que le professeur puisse se détacher des contraintes techniques et se consacrer à animer les tentatives de débats.

Une intégration fructueuse des calculatrices nécessite :

- une certaine conception de l'activité mathématique donnant une place importante à l'activité propre des élèves ;

- une maîtrise de l'outil qui dépasse la connaissance des fonctonnalités de base : le professeur doit être conscient de la complexité des changements de cadres ([CABRI] <—>[DÉRIVE]<—>[GRAPH]) et être très attentif aux signifiants qui peuvent surgir au cours des manipulations. En bref : il doit garder le contrôle de son discours. Il semble d'ailleurs assez révélateur que le mode de calcul utilisé pendant la séance utilisé soit le mode [AUTO] qui défausse vers la machine une partie de ce contrôle.



Suite à cette observation, on peut préciser la position du professeur stagiaire dans la typologie :
- négatif ouvert ;
- expérimenté superficiel.

Compte rendu d'observation

Stagiaire S9 (" Non expérimenté-positif ").
Nom de l'observateur R. Bernard.
Date 28 février 1997, 15h-15h55.

---

1. Éléments matériels.

Effectifs.
Il s'agit d'une classe de seconde de 27 élèves. Presque tous disposent d'une calculatrice graphique, le modèle le plus répandu étant la TI-80.

Disposition des élèves.
La disposition est classique. Deux élèves sont au tableau et font un exposé, préparé avec l'aide du professeur.

2. Préparation de la séance, formalités de prise en main, contenu.

Préparation de la séance.
La séance de ce jour, prévue de longue date, a été choisie et préparée indépendamment de l'observateur.

Formalités de prise en main.
Le professeur possède et utilise parfois en classe une TI-92 personnelle et la tablette de rétroprojection du lycée ou, plus rarement, la TI-82 rétroprojetable. Son travail avec la TI-92 a été en général plus axé sur l'application "géométrie" ; son objectif était de familiariser les élèves avec ce logiciel avant de les faire travailler sur Cabri installé sur les ordinateurs du lycée. Ce qu'il a fait depuis. Les élèves sont donc familiarisés avec la machine et sa présence en classe.

Contenu.
Le professeur a donc chargé deux élèves intéressés de faire un exposé sur la construction d'une parabole point par point, la détermination de son équation, la construction de son image par une homothétie de rapport 1/3 puis la recherche de l'équation de l'image (la parabole est étudiée depuis déjà un certain temps comme représentation graphique de la fonction "carré" et la définition et les propriétés usuelles de l'homothétie sont connues des élèves). Voici le problème proposé :

> On donne, dans un repère orthonormal, le point F de coordonnées $(0\ ,\frac{1}{4})$ et la droite (d) d'équation $y = -\frac{1}{4}x$. Le point A se déplace sur (d), et M est l'intersection de la perpendiculaire à (d) passant par A et de la médiatrice de [AF].
>
> Construire le point M et conjecturer la courbe (C) sur laquelle M se déplace.
>
> Déterminer une équation de cette courbe.
>
> Soit I le point de coordonnées (-1 ; 2) et h l'homothétie de centre I et de rapport $\frac{1}{3}$. Tracer l'image de (C) par h et déterminer son équation.

Le professeur avait prêté la calculatrice aux deux élèves à la maison et s'était tenu à leur disposition pour répondre à leurs interrogations.

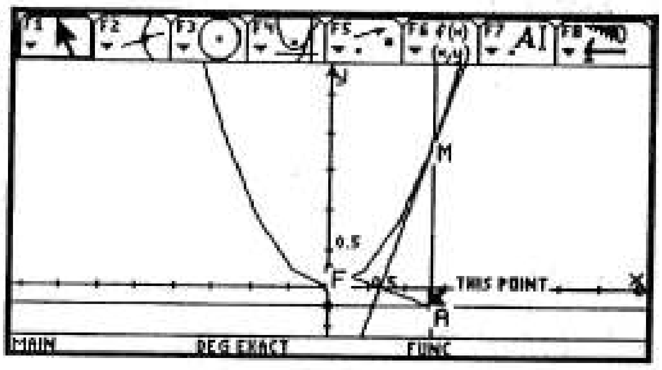
3. Le déroulement de la séance.

Le professeur indique que les 2 élèves vont faire un exposé, que les autres auront souvent la possibilité d'être actifs, et reste malheureusement très flou sur l'objectif poursuivi. La première partie du problème ayant déjà été traitée en classe, à l'exception de quelques éléments techniques comme le positionnement des axes sur l'écran, aucune aide n'a été apportée aux élèves responsables de l'exposé. Il n'en est pas de même de la deuxième partie. La construction de l'homothétique d'un point impose de construire un triangle connaissant un sommet (variable) et le milieu (fixe) du côté opposé ; le professeur leur a donné l'idée. Devant les difficultés du calcul algébrique, les élèves ont préféré se limiter, en ce qui concerne l'usage de la calculatrice, à la partie géométrique du problème, laissant au professeur le soin d'utiliser les possibilités de calcul algébrique.

4. Minutes de la séance. 15h. Début de la séance.

L'un des élèves s'installe au tableau, l'autre prend la calculatrice à sa table. L'élève qui manipule la TI-92 rétro-projetable commence : le point F et la droite (d) sont déjà tracés.

La figure ci-contre est obtenue dans les dix premières minutes. Le professeur régule le rythme de la construction en s'assurant que tous les élèves suivent.
La recherche de l'équation du lieu de M, lorsque A se déplace sur la droite (d), est faite au tableau par l'élève qui l'a préparée.

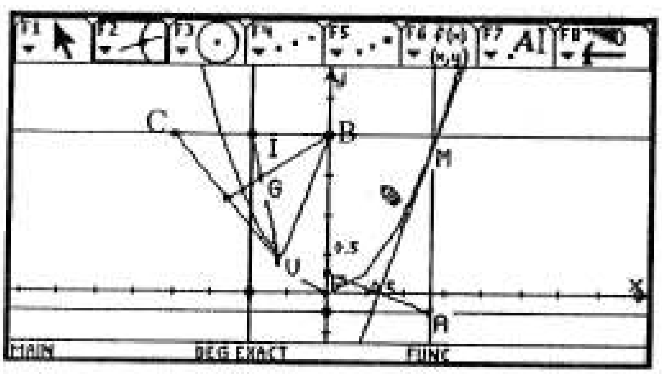


Le point F est fixé, F(0 ; 0,25) et (d) a pour équation y = -0,25 x.
Le point M est quelconque donc M(x ; y) et donc A(x ; -0,25).
On déduit $FM^2 = x^2 + (y - 0,25)^2$ *et* $AM^2 = (y + 0,25)^2$
qui conduit rapidement à $y = x^2$.

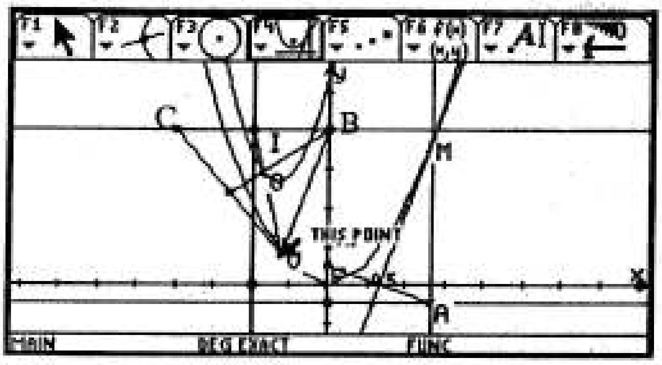
Quelques élèves s'interrogent sur le but poursuivi.
P: Si on fait ça, c'est pour trouver une équation.
Le professeur résume la démonstration au tableau.

15h15. Deuxième partie du problème.

Le point I(-1;2) étant placé, l'élève construit le triangle VBC où V est un point de la parabole précédente et B et C deux points symétriques par rapport à I puis il construit le point G centre de gravité du triangle précédent.



Pendant que l'élève à la calculatrice commence la construction, le professeur demande des précisions sur la construction du centre de gravité d'un triangle :
- que faut-il tracer (les médianes) ;
- combien ? (deux suffisent).



Il s'agit ensuite de repérer dans la construction du triangle VBC, le fait que G est l'image de V par l'homothétie de centre I fixe et de rapport 1/3. La plupart des élèves répondent à cette question. Les coordonnées de G sont appelées (x' ; y').

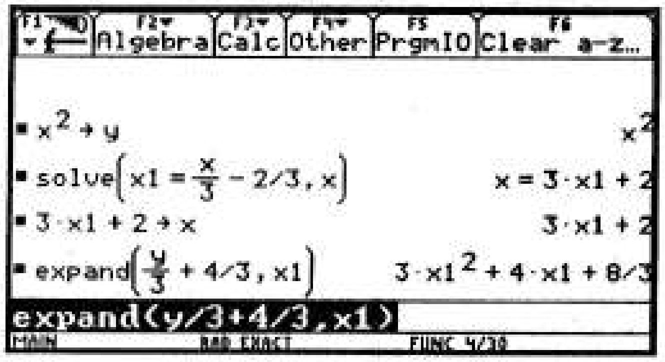
P: Exprimer x' et y' en fonction de x et y.

Les élèves cherchent à leur table à établir l'équivalence :

$$\overrightarrow{IG} = \frac{1}{3}\,\overrightarrow{IV} \Leftrightarrow \begin{cases} x' = \frac{1}{3}x - \frac{2}{3} \\ y' = \frac{1}{3}y + \frac{4}{3} \end{cases}$$

Décrochage chez un groupe de 4 qui se désintéresse de la question. On est ici à la 45ème minute de la séance. Une fois le résultat trouvé par la majorité, (assez facilement mais la calculatrice ne sert à rien ici), le professeur demande aux élèves de lui expliquer les calculs à faire et les note au tableau. L'élève qui est toujours au tableau se met à l'écart.

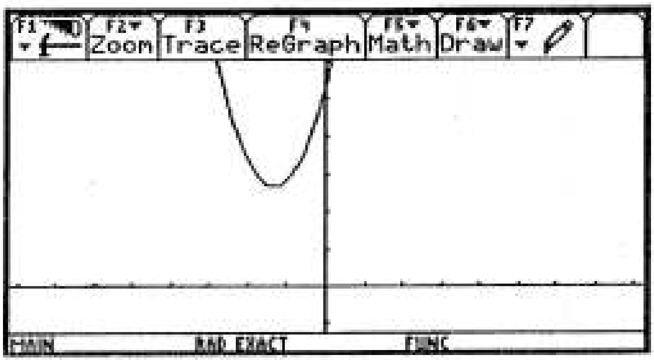
La phase suivante, menée par le professeur avec la calculatrice, conduit à l'équation du lieu de G :
P: Je mets x1 parce que le "prime" n'existe pas sur la calculatrice
Outre cette difficulté qui perturbe ceux qui suivent "en pointillés", d'autres difficultés apparaissent :



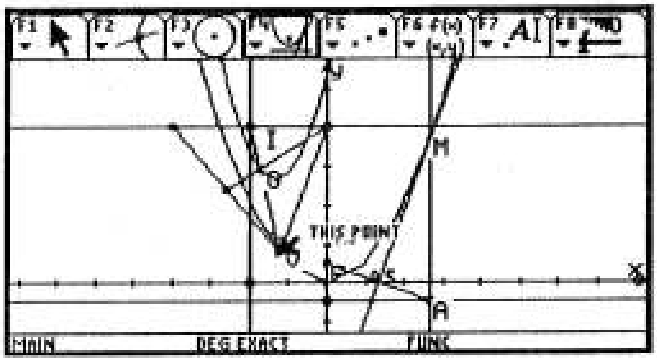
E: Monsieur, pourquoi vous écrivez que 3x1+2 ça fait x puisque c'est sur la ligne d'avant ?
P: Parce que la valeur de x est affichée mais elle est pas mise dans la variable x
E: Ah !? (le ton est indéfinissable).

Le calcul machine est resté peu convaincant pour les élèves avec des opacités comme celle-ci : développer $\frac{y}{3} + \frac{4}{3}$ par rapport à x1 alors que x1 n'apparaît pas dans l'expression. Il aurait fallu disposer d'assez de temps pour expliquer le calcul machine par comparaison au calcul manuel par exemple.
Il aurait été intéressant de conclure la séance sur l'adéquation entre l'écran géométrique et l'écran graphique obtenu par le tracé de la courbe d'équation $y = 3x^2 + 4x + \frac{8}{3}$:

L'écran graphique ci-contre (graduation de 0,5 sur les deux axes)...

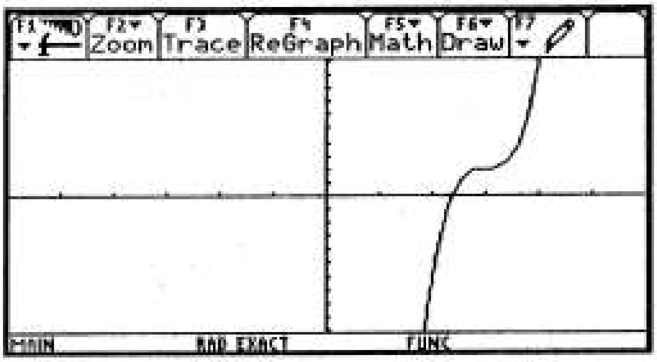


et l'écran de l'application géométrique :



Puis comme il reste cinq minutes, le professeur propose le problème suivant :

on cherche une équation possible de la courbe ci-contre.



Son équation n'est pas montrée. Les élèves jouent le jeu. Quelques uns pianotent sur leur calculatrice, sans conviction.

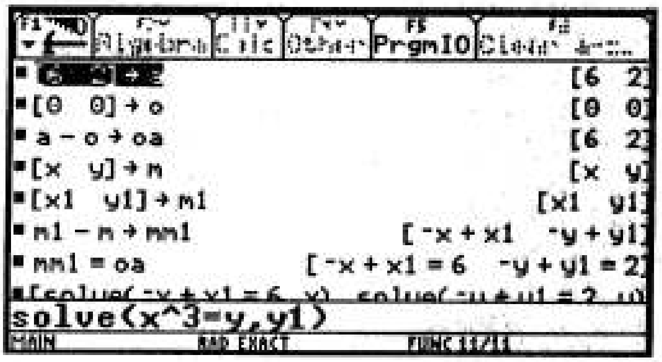
E: C'est x^3 ! je la reconnais !
E: Y a une translation...
E: de vecteur (3 , 2).
P: Sur l'axe des x, j'ai mis un trait tous les 2 points.
E: Fallait le dire !
E: c'est le vecteur (6 , 2) !
E: ... (silence)
P: On se sert de la définition analytique de la translation.
(sonnerie : fin de la séance)
P: Finir le calcul pour la rentrée.

Remarque :

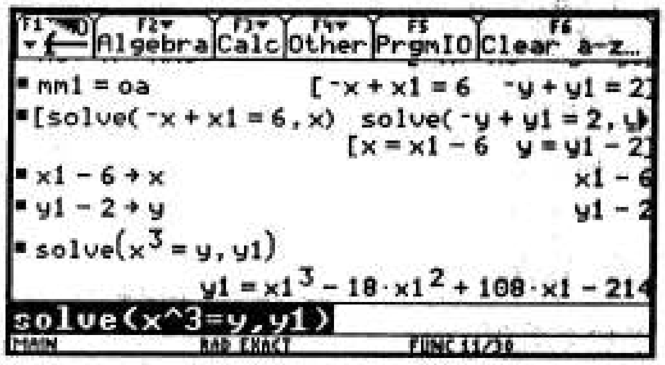
Il semble que l'utilisation de la TI-92 n'ajoute rien ici à la clarté de l'exposé. Seules les trois dernières lignes justifient le calcul machine et encore au prix de l'occultation de la forme $y = (x - 6)^3 + 2$ ce qui paraît bien discutable. Il s'agit là clairement d'un travail purement graphique hors du champ du calcul formel. Voici cependant un calcul qui pourrait être exécuté par la TI-92.

On pourra en mesurer le degré d'utilité au niveau de la classe de seconde...!

- Couple des coordonnées de A, de O, de M, de M' et création des coordonnées des vecteurs $\overrightarrow{OA}$ et $\overrightarrow{MM'}$
- Egalité des vecteurs d'où relations liant x et x', y et y'.



- Recherche des expressions de x et y en fonction de x' et y'
- Affectations dans les variables
- Expressions de y' en fonction de x'



Comme on le voit, l'utilisation du logiciel de calcul formel provoque l'occultation de la forme $y = (x - 6)^3 + 2$ ce qui paraît bien dommageable !

5. Entretien après la séance.

Pourquoi avoir choisi ce type de séance ?

Parce qu'une séance comme celle-ci englobe de nombreuses notions mathématiques. Elle permet de revoir les fonctions, l'homothétie, le calcul analytique. Et puis les élèves exigent qu'on leur donne des savoir-faire clés en mains : la machine leur montre que l'essentiel, c'est pas les calculs mais la réflexion, l'analyse du problème.

Les objectifs fixés ont-ils été atteints ?

Il me semble que oui : ça a permis de revoir certaines notions un peu anciennes, un peu oubliées. Maintenant, ont-ils compris que la machine soulage des répétitions laborieuses et permet de se concentrer sur la réflexion, l'essentiel ? ... il me semble que oui ... A l'interro d'avant, ils avaient à remplacer $x' = x + 3$ dans une expression du second degré et ç'avait été laborieux alors que, habituellement ils ne sont pas mauvais en calcul. Je pense donc qu'ils ont pu voir que la calculatrice pourrait les aider.

Ceci dit, je me suis senti tiraillé de deux côtés. Entre laisser les élèves maîtres de leur exposé et maîtriser ce qui se passe dans la compréhension des autres élèves, tout le côté didactique. Je ressens une insatisfaction personnelle qui est due plus à la forme qu'au fond.

L'utilisation de la calculatrice a-t-elle révélé des obstacles ?

Les obstacles préexistent à ce travail. Ils sautent aux yeux par l'utilisation de la calculatrice parce qu'on a supprimé les obstacles de calcul, de tracé. Du coup les autres obstacles liés au sens même, à la capacité de réflexion apparaissent mieux.

L'utilisation de la calculatrice a-t-elle révélé des comportements d'élèves ?

Ceux qui sont intéressés d'habitude continuent à l'être en général. Mais certains élèves, pas mauvais en maths, n'aiment pas les calculatrices et ont une attitude de retrait devant ces activités. Aujourd'hui, l'effet de nouveauté n'a pas joué, ils ont l'habitude. Mais la première fois, ils étaient très intéressés, même les moins bons. En plus, veille des vacances, il y a des effets négatifs qu'on peut comprendre...

Quelle est ton impression globale ?

Je ne suis plus trop gêné par le côté technique. Par exemple, si un lieu de points n'est pas conforme, je me doute que je n'ai pas placé un "point sur objet" convenable et je peux facilement le rectifier. Mais les séances avec calculatrices individuelles sont éreintantes en général parce qu'il faut passer partout, il y a toujours une erreur, quelqu'un qui a appuyé sur une mauvaise touche, on n'a pas tout sous les yeux. C'est très fatiguant à gérer. Celle-ci était fatiguante parce qu'inhabituelle, sans plus. L'exposé aurait dû être beaucoup plus court pour que je garde la maîtrise de la situation et qu'on puisse tout de suite poser des questions constructives.

Quel a été le degré d'intérêt des élèves ?

Plutôt moins intéressés que d'habitude à cause des erreurs de forme. De plus, la calculatrice maintenant les laisse plutôt indifférents : ils ont l'habitude de la voir fonctionner. L'ensemble de la classe a été très peu performant !

En général, l'intérêt des élèves n'est pas unanime mais globalement positif. Je crois qu'il faut varier. Pour maintenir l'intérêt, il faut des séances avec calculatrices et d'autres sans.

Penses-tu faire d'autres séances ?

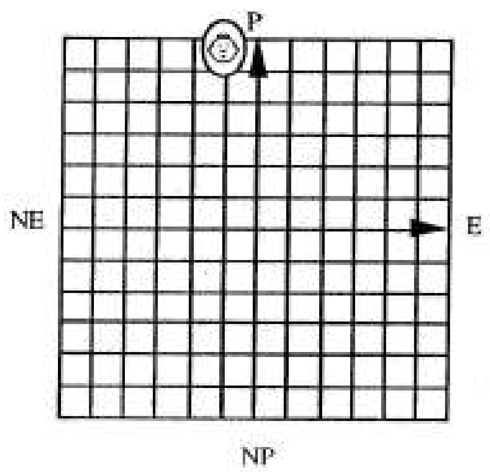
Pour moi, c'est important d'utiliser la calculatrice dans tout ce qui est en rapport avec l'expérimentation et la répétition afin de garder le reste du temps pour l'essentiel qui est l'analyse des problèmes, la preuve. Comme ça, ils peuvent voir que l'important c'est la réflexion.

Conclusion

Un exposé en mathématiques est une nouveauté pour les élèves qui sont habitués à ce dispositif de classe dans d'autres disciplines. Autour d'un outil relativement nouveau et performant, manipulé par un pair, c'est encore mieux. Il y a donc, au point de départ, un accrochage facile de la classe.

Cependant, l'élève manipulant la TI-92 a semblé avoir pour objectif premier sa valorisation aux yeux de ses camarades. De ce fait, il a cherché à ne montrer aucune hésitation, aucune défaillance : il a fait preuve d'une dextérité extrême. Certes, le professeur a essayé de ralentir le rythme. Il y est souvent parvenu. Mais que peut-il faire lorsque la construction de la parabole est faite ? Il est difficile de demander à l'élève d'effacer et de recommencer. Donc le professeur a perdu de fait la maîtrise didactique de la séance. Lorsque l'élève qui est au tableau réalise les calculs conduisant à $y = x^2$, l'élève qui pilote la calculatrice ne suit pas (il connaît déjà !) ; il manipule encore la calculatrice et les autres élèves peuvent voir défiler quelques écrans inattendus. Le professeur tourné vers les calculs ne le voit pas. De plus, lorsque l'élève au tableau prend la parole, ce sera pour réaliser des calculs provoquant ainsi baisse d'intérêt, changement du point de vue et passage à un champ conceptuel plus abstrait. Ce changement nécessite une gestion serrée, claire, précisant le changement de point de vue et mettant en évidence sa nécessité. Seul le professeur peut le faire. Il ne l'a pas fait ici.

La classe ce jour-là a posé peu de questions. Est-ce pour ne pas déstabiliser leurs camarades ? Est-ce parce qu'ils n'ont pas voulu paraître "moins intelligents" que ceux qui étaient capables de leur expliquer ? Est-ce parce qu'ils n'ont pas eu le temps de voir les opérations techniques réalisées à la calculatrice (la promenade dans les menus paraissant par trop sportive) ? Quoi qu'il en soit, le contrat entre le professeur, les élèves responsables de l'exposé et la classe doit être très clairement défini, le professeur se réservant la tache de distribuer la parole entre les protagonistes afin de maîtriser le rythme et l'organisation de la séance.



Le classement **"positif"** ne fait aucun doute. L'engagement du stagiaire est constant et sa réflexion avance.

Il faut sans doute nuancer le classement en **"non-expérimenté"**. Entre les réponses au questionnaire de début d'année suivi de l'entretien préalable et le degré de connaissance de l'outil au moment de cette séance, on peut relever de nets progrès même si la réflexion sur l'intégration dans l'enseignement est encore embryonnaire.

CONCLUSION DES OBSERVATIONS

1. Il ressort de ces séances d'observation une cohérence générale avec les entretiens.

On avait noté par exemple que S6, bien que se disant expérimenté, avait une connaissance assez légère du fonctionnement d'une calculatrice. On le vérifie lors de la séance qu'il présente : lorsqu'un élève demande les raisons du tracé d'une droite en "marches d'escalier", il répond "interrogeons les spécialistes", en désignant les observateurs présents au fond de la salle...

2. On distingue cependant un certain nombre d'évolutions.

2.a. Les évolutions relatives à la connaissance des matériels sont assez naturelles puisque les stagiaires ont eu à leur disposition une TI-92 pendant un certain temps. Devant l'utiliser dans une séance observée, ils ont été contraints de se familiariser avec son utilisation.

Ces évolutions sont plus significatives en ce qui concerne les deux stagiaires qui ont été classés "non expérimentés" S2 et S5 :

- S2 a choisi de préparer la séance seul. Il a su maîtriser les problèmes techniques rencontrés (sauf pour la construction des hachures, pour laquelle il a sollicité l'aide de l'observateur). Il déclare, dans l'entretien après la séance, n'avoir pas été déstabilisé par le dispositif de rétroprojection ;
- S9 déclare aussi *"je ne suis plus trop gêné par le côté technique"*.

Ces évolutions existent aussi en ce qui concerne les autres stagiaires. Par exemple S6, lors de l'entretien, n'envisageait pas d'utiliser une calculatrice rétroprojetable : il a pourtant accepté de se prêter à l'expérimentation et déclare vouloir recommencer de telles séances.

2.b. Des évolutions relatives à la volonté d'intégration des calculatrices sont aussi perceptibles.

Il faut pour cela considérer les stagiaires qui étaient très réservés devant cette utilisation (S2 et S6) :

- S2 reste le plus réticent. Dans l'entretien après la séance, il annonce qu'il n'envisage pas d'autres séances de ce type : *"pour moi, cela ne va pas trop dans mon planning et ce n'est pas mon choix de travail"*. Cependant il reconnaît l'aspect positif de l'expérience de trois points de vue : les élèves ont été *"davantage intéressés"*, ils ont été *"plutôt plus performants"*, ils souhaitent sans doute d'autres séances de ce type ;
- S6 apprécie positivement la séance : *"pratique très intéressante, mais il faudrait plus de continuité"*, *"les élèves ont été plus intéressés"*. A la question "pensez-vous que les élèves souhaitent d'autres séances de ce type ?", la réponse est claire : *"sûrement ! Moi aussi"*.

3. L'observation des séances permet enfin de tirer un certain nombre de leçons sur l'enseignement des mathématiques "en environnement calculatrice".

3.a. Il ressort des entretiens avec tous les stagiaires (sauf S6) **une forte impression de fatigue** après cette séance :

- S2 estime le travail *"plutôt plus fatigant, car il y avait davantage de choses à gérer, de structures à imposer et une chronologie à respecter"* ;
- S5 a trouvé la séance plus fatigante qu'une séance ordinaire : *"combiner le support du tableau et de l'écran exige une attention soutenue"* ;

- S9 émet le même avis : *"les séances avec calculatrices individuelles sont éreintantes en général parce qu'il faut passer partout, il y a toujours une erreur, quelqu'un qui a appuyé sur une mauvaise touche, on n'a pas tout sous les yeux. C'est très fatiguant à gérer"*.

3.b. On a noté dans chacune des séances un ou plusieurs moments de perplexité du stagiaire, suite à un problème technico-mathématique :

- S2 n'arrive pas à obtenir les hachures espérées : c'est l'observateur qui vient à son secours ;
- S4 a une figure trop grande (la trajectoire est en grande partie hors de l'écran) : c'est l'observateur qui indique la possibilité de la réduire en déplaçant un point de base [30] ;
- S5 s'est trompé en rentrant une expression algébrique (il a écrit 1.x au lieu de $\frac{1}{x}$). Un élève relève la faute. S5 rectifie sans commentaire son erreur ;
- S6 se trompe dans le repérage d'un point. Les deux droites, espérées non parallèles, le sont en fait... S6 accepte de traiter cette situation imprévue. Mais une certaine tension en résulte. Aussi, quand un élève donne une suggestion intempestive, S6 s'énerve : *"merci de m'expliquer, mais je sais"* ;

Le seul stagiaire auquel n'arrive pas ce type de problème est S9 : ce sont deux élèves qui font un exposé, ce qui permet au professeur de garder un certain recul et donc un meilleur contrôle sur la situation.

3.c. Toutes les séances sont caractérisées par une discussion assez intense entre le professeur et les élèves (ce qui est sans doute une des raisons de la fatigue constatée).

Cependant cette discussion ne se déroule pas selon le même scénario :
- à une borne, on trouve une conception qui fait du professeur (avec sa calculatrice) le maître du jeu. S4 annonce la couleur : *"aujourd'hui, cinéma ! (...) Si on avait le temps, je vous aurais montré un lieu sympa"*. Mais c'est la même orientation qui se dégage avec S2 : *"Bon, on n'est pas là juste pour regarder la télé, il faut travailler un peu, même si c'est dommage"*. On retrouve la même idée avec S6 qui laisse se développer les discours admiratifs des élèves : *"Ça, c'est trop bien !"*. Il s'agit d'un spectacle, avec un échange organisé entre le metteur en scène et les spectateurs ;
- à l'autre borne, on trouve une conception dans laquelle une grande place est laissée aux échanges entre les élèves (travaux en groupes avec S5, exposé avec S9).

Le croisement entre le type de séance choisi et la position dans la typologie est instructif :

Non expérimenté / Positif	**Expérimenté / Positif**
S9 : exposé de 2 élèves, puis débat	S4 : cinéma S5 : travail des élèves par groupes
Non expérimenté / Non positif	**Expérimenté / Non positif**
S2 : cinéma	S6 : cinéma

[30] Le lecteur aura pu observer les différentes tactiques des... observateurs qui interviennent plus ou moins rapidement (ou n'interviennent pas du tout) pour résoudre les problèmes rencontrés par les stagiaires. Il avait été décidé dans le protocole d'observation de n'intervenir que sur la demande expresse du professeur stagiaire. Cela n'a pas toujours été le cas. La neutralité nécessite un certain apprentissage...

On observe ainsi que le fait d'être positif/expérimenté ne prémunit pas contre un point de vue d'intégration assez directif... A l'inverse, on peut constater que les deux stagiaires qui ont mis au point un scénario partant de l'activité autonome des élèves étaient caractérisés comme positifs. Bien entendu, la volonté de partir de l'activité autonome des élèves ne résout pas pour autant le problème de l'intégration de celle-ci : on a vu pour S5 que la combinaison des résultats obtenus par les élèves sur leurs calculatrices et des résultats de la calculatrice rétroprojetée était problématique...

3.d. La nécessité du contrôle sur l'instrument est très diversement présentée.

On peut distinguer deux conceptions extrêmes :

- d'un côté la calculatrice "deus ex machina", "machine à tout faire", infaillible, ou trop complexe pour pouvoir être contrôlée. Ainsi S2 : *"j'ai une calculatrice grosse, puissante, compliquée, qui fait plein de choses"*. De la même façon S6 répète régulièrement : *"il n'y a qu'à le demander à la calculatrice"*.
- d'un autre côté la calculatrice que l'on doit utiliser avec discernement (c'est-à-dire solliciter quand c'est nécessaire -contrôle a priori-, et vérifier quand c'est possible -contrôle a posteriori). C'est d'ailleurs sur cette idée qu'est bâtie la séance proposée par S5.

Analysons ici aussi le croisement entre le type de séance choisi et la position dans la typologie :

Non expérimenté / Positif	Expérimenté / Positif
S9 : neutre.	S4 : deus ex machina. S5 : critique.
Non expérimenté / Non positif	**Expérimenté / Non positif**
S2 : deus ex machina.	S6 : deus ex machina.

On a qualifié la conception de S9 de "neutre" : en effet rien dans son exposé ne sème d'illusion sur la capacité qu'aurait la calculatrice de tout faire (il insiste d'ailleurs lors de l'entretien post-séance sur la nécessité de développer la réflexion propre des élèves) ; cependant rien non plus n'incite à prendre ses distances avec la machine (tous les calculs sont faits avec la TI-92, alors que ce n'est pas forcément indispensable...).

Il faut noter aussi que plusieurs conceptions peuvent apparaître dans une même séance. Ainsi S6, qui a tout fait avec la TI-92 pendant l'heure (même des additions du type 0,98+2,88), se révolte en fin de séance : *"montrez que vous êtes plus intelligents que la machine, faites le calcul ! Il faut vérifier ce que dit la machine, il ne faut pas lui faire confiance aveuglément"*. Mais cela apparaît comme une pétition de principe et n'infléchit pas vraiment la conception dominante, du type "deus ex machina"...

On observera avec intérêt que ce sont les deux professeurs "non positifs" qui présentent la TI-92 de façon a-critique : leur intention n'étant pas d'intégrer cet outil, la nécessité de le contrôler leur est évidemment étrangère !

3.e. Le changement de cadre rendu possible par une calculatrice de type TI-92 est très peu maîtrisé.

Là aussi, deux comportements extrêmes :

- d'un côté, on observe des séances dans lesquelles une seule application de la calculatrice est sollicitée. Ainsi S2 n'utilise que l'application graphique, S4 n'utilise que l'application géométrique, S5 n'utilise que l'application initiale en mode calcul approché (alors que le thème de la séance se serait particulièrement bien prêté à une combinaison calcul approché/calcul exact) ;

- de l'autre côté, on observe une combinaison de plusieurs applications, mais qui échappe pour l'essentiel aux élèves eux-mêmes. Ainsi S3 utilise l'application géométrique puis en fin d'heure utilise l'application graphique puis l'application initiale ; S9 utilise aussi ces mêmes 3 applications.

Le croisement de ces résultats avec la typologie donne quelques informations :

Non expérimenté / Positif	**Expérimenté / Positif**
S9 : géom., graph., app. initiale.	S4 : géom. S5 : app. initiale.
Non expérimenté / Non positif	**Expérimenté / Non positif**
S2 : graph.	S6 : géom., graph., app. initiale.

On constate que ce sont les professeurs du type NE/P et E/NP qui ont utilisé plusieurs applications dans leur séance de "travail instrumenté". Ce croisement permet de formuler deux hypothèses :

- le stagiaire NE/P vient de découvrir les potentialités de la TI-92. Très motivé par l'intégration de cet outil, il a tendance à présenter toutes les facettes de son utilisation, au besoin en bousculant un peu les possibilités de compréhension des élèves ;
- le stagiaire E/NP pense bien connaître les potentialités de la TI-92. Assez pessimiste sur les effets possibles de l'intégration des calculatrices, il se situe dans le rôle du "jongleur", ou du "prestidigitateur" : montrer tout ce que l'on peut faire (sans avoir la préoccupation de transmettre son savoir- et même, dans le cas du prestidigitateur, avec la préoccupation inverse-).

On peut conclure ces observations en notant que cette séance particulière a été ressentie par les stagiaires :

- difficile a priori (S2 et S5 notent qu'ils ont choisi pour l'observation le groupe de module le meilleur) ;
- fatigante a posteriori ;
- intéressante du fait des discussions avec les élèves, de ce que cela révélait comme incompréhensions.

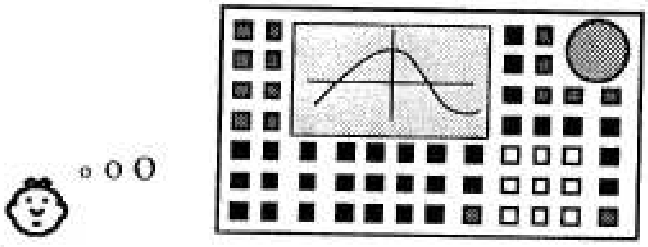
Du point de vue de la formation des professeurs stagiaires, on peut constater qu'il y a beaucoup à faire pour la maîtrise du travail dans un "environnement calculatrice". Cette formation est tout à fait spécifique : contrôle de l'instrument dans son rapport aux autres instruments, contrôle de la représentation des objets mathématiques, contrôle de l'articulation entre les différents applications de l'instrument, contrôle de l'articulation entre le travail papier/crayon et le travail clavier/écran.

Du point de vue de notre recherche elle-même, la suite de cette séance d'observation est très importante :

- jusque là, les stagiaires étaient "sous contrat" (on pourrait même dire "sous contraintes" : ils devaient réaliser cette séance observée par nous) ;
- au terme de cette séance, il leur a été proposé de garder le dispositif de rétroprojection pour une utilisation libre jusqu'à la fin de l'année. L'analyse du travail réalisé et de l'évolution des conceptions permettra de tirer d'utiles conclusions sur les effets de notre "pression didactique". Cette analyse est l'objet du chapitre qui vient.

IV. 3 . Bilan des évolutions après l'expérimentation

(Avril-Mai 1997)



Après la séance observée dont nous venons de faire le compte-rendu, la TI-92 rétroprojetable a été laissée aux professeurs stagiaires, pour un usage libre. On lira dans le tableau ci-dessous le nombre de séances organisées par chacun d'entre eux. Il est bien conforme à la typologie mise en place...

Non expérimenté / Positif S9 : 4 séances.	**Expérimenté / Positif** S4 : 3 séances. S5 : 4 séances.
Non expérimenté / Non positif S2 : 0 séance.	**Expérimenté / Non positif** S6 : 1 séance.

<u>Nombre de séances réalisées avec la TI-92 rétroprojetable</u>
(en plus de la séance observée)

Mais le nombre de séances ne suffit pas à estimer, à lui seul, les évolutions de cet échantillon de professeurs. Un dernier questionnaire leur a été présenté en début d'année, qui permet un croisement avec le premier questionnaire et donc une évaluation des changements intervenus. On lira ci-après le texte du questionnaire, puis les réponses appportées par chacun des 5 stagiaires.

Il restera à confronter ces changements avec ceux intervenus dans la population globale des stagiaires de Montpellier et de Nimes ("niveau 0"), et avec ceux intervenus parmi les stagiaires suivis en pratique accompagnée ("niveau 2"). Ce sera l'objet des chapitres V et VI.

Enquête bilan1997

Nom et prénom	Classes d'enseignement actuelles (niveaux et sections)	Etablissement d'exercice (nom et ville)

I/ EVOLUTION DES PRATIQUES

1. Vous avez disposé d'une calculatrice TI-92 pendant combien de semaines ?

2. Vous avez utilisé cette calculatrice pour combien de séances ?

3. Vous avez une calculatrice personnelle
- rappellez le type ....(Scientifique, Programmable, Graphique, Formelle)
- Comparez l' utilisation de votre calculatrice et de la calculatrice TI-92
(préparation de cours, d'exerices, recherche, utilisation privée...)
Sur les échelles ci dessous (de 0 = nul à 4 = beaucoup), indiquez :
- votre pratique sur votre calculatrice <u>antérieurement</u> au prêt, en entourant : ⓐ
- votre pratique sur votre calculatrice <u>depuis</u> le prêt de la TI92, en barrant :**X**
- votre pratique de la TI 92 <u>durant</u> le prêt, en grisant la case : ■

pour préparer les cours	0	1	2	3	4
pour préparer des exercices	0	1	2	3	4
pour vos recherches	0	1	2	3	4
utilisation privée	0	1	2	3	4

Les op. élémentaires (+, - , x , /, √)	0	1	2	3	4
Le tracé de courbes	0	1	2	3	4
Les calculs sur les suites	0	1	2	3	4
Les statistiques	0	1	2	3	4
L'écriture de programmes	0	1	2	3	4

4. Exprimez vous quant à une évolution de vos pratiques depuis ce prêt :
....
....

5. En ce qui concerne votre maîtrise des outils de calcul, estimez vous être devenu(e):

plus performant ☐
sans changement ☐

6. En ce qui concerne vos prochaines années d'enseignement, vous pensez :

en rester là avec les calculatrices ☐
explorer plus avant ☐

II/ EVOLUTION DES CONCEPTIONS

Donnez votre degré d'accord avec les affirmations suivantes
Sur les échelles ci dessous (de 0 = nul à 4 = beaucoup), indiquez :
- votre avis <u>antérieurement</u> au prêt, en entourant : ⓐ
- votre avis <u>depuis</u> le prêt de la TI92, en barrant :**X**

1. La généralisation des calculatrices graphiques :

a. est un atout pour l'enseignement des mathématiques	0	1	2	3	4
b. rend les élèves plus autonomes	0	1	2	3	4
c. permet de développer un débat scientifique dans la classe autour de conjectures, de preuves, de réfutations	0	1	2	3	4
d. en facilitant certaines procédures, empêche certains apprentissages élémentaires.	0	1	2	3	4

S'il y a lieu, développer les points ci-dessus :
....
....

2. La généralisation des calculatrices graphiques nécessite une modification profonde de l'enseignement des mathématiques ...

a. dans le comportement du professeur	0	1	2	3	4

en quoi ....
....

b. dans les exercices donnés	0	1	2	3	4

en quoi ....
....

c. dans le déroulement du cours	0	1	2	3	4

en quoi ....
....

d. dans l'organisation de la classe	0	1	2	3	4

en quoi ....
....

e . dans le programme lui - même	0	1	2	3	4

en quoi ....
....

III/ EVOLUTION DES PRATIQUES PEDAGOGIQUES

1. Vous avez utilisé, en classe, la calculatrice qui vous a été prêtée pour :

Remplissez le tableau qui suit, pour chacune des séances réalisées dans un environnement calculatrice, en utilisant la légende ci-dessous :

- un certain type de séance	Cl	: classe entière
	TD	:
	Mod	: module
- un certain type de situation	Dem	: démarrage, introduction d'une notion
	Appl	: application , exercices pour fixer les pratiques
	Reg	: régulation , pour pallier aux hétérogeneités
	Reinv	: ré-investissement, genre: exercices ouverts
- un certain type de notion	Fonc	: sur les fonctions
	Geom	: geométrie classique
	GAna	: géométrie analytique
	Num	: problèmes numériques
- un protocole de séance	RP	: le prof est <u>le seul</u> à agir sur la rétroprojetable
	RE	: <u>prof et élèves</u> interviennent sur la TI 92
	CE	: élèves utilisent simultanément <u>leur</u> calculatrice
	G	: les élèves travaillent en groupes (≥ 2)

n° séance	1	2	3	4	5	6	7	8
type de séance								
type de situation								
type de notion :								
protocole : Rétro-prof								
Retro-élève								
Calc -élève								
Groupe								

2. Vos commentaires (raisons de vos choix, de vos exclusions ....appréciations brièves) :

Sur le nombre de séances :
....

Sur le type de séance : ....

....

Sur le type de situation : ....

....

...

Sur le type de notion : ....

....

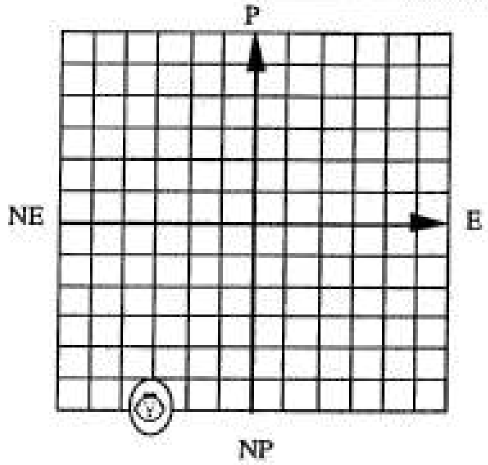
...

Sur le protocole de la séance :
....

....

...

S2 (" non expérimenté-non positif ")



Ce professeur possède personnellement une calculatrice graphique ; il a disposé d'une TI-92 pendant **5** semaines, **il l'a utilisée pour une séance seulement** (la séance avec l'observateur).

Il affirme n'avoir aucunement évolué dans sa pratique professionnelle durant la période du prêt (pratique dans laquelle les calculatrices n'interviennent à aucun moment : ni dans la préparation des cours et des exercices, ni dans leur présentation en classe).

Pour ses recherches personnelles, il a continué à utiliser moyennement sa propre calculatrice, pas du tout la TI-92. Il a tout de même utilisé de façon égale et moyenne, sa calculatrice et la TI-92 pour les opérations élémentaires, le tracé de courbes, les suites et les statistiques.

Il estime que sa maîtrise des outils de calcul n'a pas évolué et pense en " rester là avec les calculatrices " lors de ses prochaines années d'enseignement.

Ses conceptions sur les calculatrices n'ont pas du tout changé, selon lui, entre la période antérieure au prêt et celle qui l'a suivie, comme en témoigne le tableau ci-dessous :

(rappel : pour le questionnaire de Mars, le professeur était invité à utiliser l'échelle de 0 (nul) à 4 (beaucoup) ; dans la grille de Mars, le professeur était invité à noter avec O l'avis antérieur à l'expérimentation et avec x l'avis après l'expérimentation).

La généralisation des calculatrices graphiques :

	Octobre 96				Mars 97				
	Pas du tout	Très peu	Oui	Tout à fait	0	1	2	3	4
a. est un "atout" pour l'enseignement des mathématiques	X					⊗			
b. rend les élèves plus autonomes		X			⊗				
c. permet de développer un débat scientifique dans la classe autour de conjectures, de preuves, de réfutations			X			⊗			
d. en facilitant certaines procédures, empêche certains apprentissages élémentaires. Si oui, dans quel domaine ?	X								⊗

Pour ce professeur, il n'y a pas eu d'évolution entre le début et la fin de l'expérimentation (superposition dans la grille de Mars entre O et x). Cependant, en comparant les réponses d'Octobre et de Mars, on distingue tout de même une certaine évolution négative (quant à l'appréciation des calculatrices) sur les deux dernières questions :

- il n'est plus vraiment convaincu que l'utilisation des calculatrices puisse développer un débat scientifique dans la classe ;
- quant à la dernière question, s'agit-il d'un changement radical de point de vue ou d'une mauvaise interprétation de la question en octobre -ou en mars- ?

De la même façon, il pense n'avoir pas évolué quant à ses conceptions sur l'enseignement des mathématiques. Il précise toutefois que :

- le professeur doit apprendre à manipuler les calculatrices graphiques ;
- les exercices doivent permettre d'utiliser les calculatrices ;
- la gestion du temps dans le déroulement du cours lui paraît être problématique.

Il s'interroge : comment organiser la classe avec des élèves sans et des élèves avec calculatrice ?

Enfin, il pense que certaines parties du programme devront être supprimées pour pouvoir gagner du temps.

La généralisation des calculatrices graphiques nécessite une modification profonde de l'enseignement des mathématiques ...

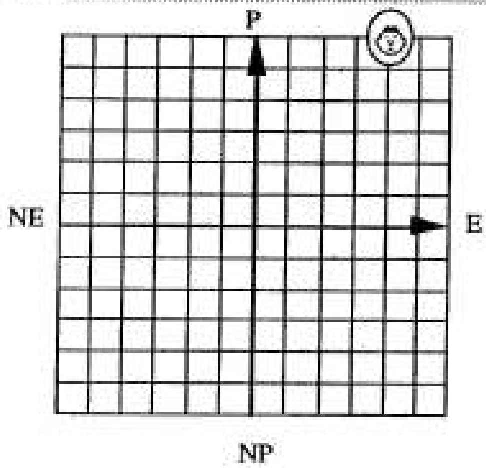
	Octobre 96				Mars 97				
	Pas du tout	Très peu	Oui	Tout à fait	0	1	2	3	4
a. dans le comportemet du professeur		X				⊗			
b. dans les exercices donnés	X					⊗			
c. dans le déroulement du cours		X				⊗			
d. dans l'organisation de la classe	X					⊗			
e. dans le programme lui-même	X					⊗			

Effectivement, on ne relève pas ici de changement de point de vue important, les arguments (cités auparavant) se sont simplement affirmés. Ce qui semble tout de même paradoxal, pour ce stagiaire, c'est son insistance à dire qu'il faut que les élèves apprennent à utiliser leur calculatrice, qu'il faut prévoir du temps pour cela (on a retrouvé ce thème dans l'entretien) et son insistance à dire qu'il ne veut pas lui, les utiliser réellement en classe...

On peut considérer qu'il n'y a pas eu d'évolution de ses pratiques pédagogiques quant à l'utilisation des calculatrices : il a utilisé la TI-92 une seule fois en classe, en module (il s'agit de la séance observée) pour une séance d'exercices de géométrie analytique. Les raisons invoquées sont le manque de temps pour faire d'autres séances et le fait que ses élèves ne disposent pas de calculatrices graphiques.

En conclusion, même si le stagiaire, classé **non expérimenté et non positif**, a bien voulu participer à l'expérimentation, son avis n'a vraiment pas changé... On peut toujours le qualifier de **réfractaire**.

S4("expérimenté - positif ")



Ce professeur possède personnellement une calculatrice graphique. Il l'utilise assez lors de la préparation d'exercices sinon son utilisation professionnelle ou privée est assez limitée.

La TI-92, objet du prêt, est assez souvent utilisée de façon exploratoire et son attention s'est portée uniquement sur les courbes. Ce prêt n'a pas eu d'influence sur l'utilisation qu'il faisait de sa calculatrice personnelle.

Fortement sensibilisé à cette nouvelle technologie, il avoue manquer d'expérience pour en faire une utilisation plus rationnelle. Il exprime aussi une prise de conscience des obstacles engendrés. Il estime cependant être devenu plus performant, et souhaite explorer plus avant le travail en environnement calculatrice.

Le tableau ci-dessous décrit l'évolution de ses conceptions :

La généralisation des calculatrices graphiques :

	Octobre 96				Mars 97				
	Pas du tout	Très peu	Oui	Tout à fait	0	1	2	3	4
a. est un "atout" pour l'enseignement des mathématiques			X						⊗
b. rend les élèves plus autonomes			X					⊗	
c. permet de développer un débat scientifique dans la classe autour de conjectures, de preuves, de réfutations				X					⊗
d. en facilitant certaines procédures, empêche certains apprentissages élémentaires. Si oui, dans quel domaine ?		X						⊗	

Sa vision positive ne s'est pas altérée, mais il faut remarquer comment certains obstacles vaguement évoqués se sont cristallisés sur "empêche des apprentissages élémentaires".

Il percevait nettement la nécessité d'évolution des pratiques et des contenus, cette impression s'est renforcée à l'occasion de l'expérimentation comme le montre le tableau qui suit.

La généralisation des calculatrices graphiques nécessite une modification profonde de l'enseignement des mathématiques ...

	Octobre 96				Mars 97				
	Pas du tout	Très peu	Oui	Tout à fait	0	1	2	3	4
a. dans le comportement du professeur			X						⊗
b. dans les exercices donnés			X						⊗
c. dans le déroulement du cours		X						⊗	
d. dans l'organisation de la classe	X				⊗				
e. dans le programme lui-même		X					⊗		

Pas d'évolution dans l'organisation de la classe. Il est vrai qu'il est assez difficile pour un professeur débutant de concevoir des organisations de la classe hors l'organisation traditionnelle. Par contre tous les autres points suivent une légère évolution vers plus de prise en compte des calculatrices.

n° séance	**1**	**2**	**3**	**4**
type de séance	Module	Module	T.dirigés	
type de situation	Réinvest.	Regul.	Applic.	
type de notion :	Géométr.	Fonctions	Fonct.	
protocole : Rétro-prof	▒	▒	▒	
Retro-élève				
Calc -élève			▒	
Groupe				

En grisé, les cases sélectionnées.

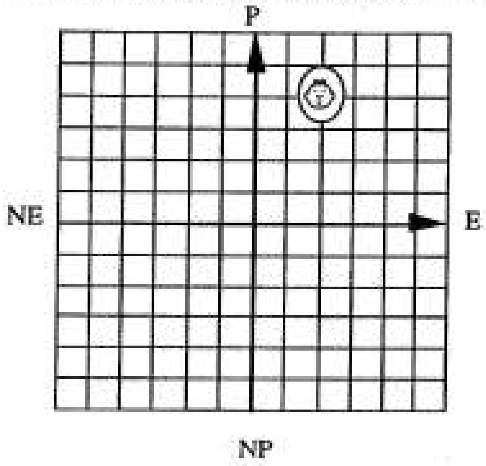
En conclusion.

Ce professeur a fait trois séances utilisant la TI-92 . Mais, pour toutes, il mentionne combien il souhaiterait mieux maîtriser techniquement cette machine.

Il lui faudra apprendre à distinguer les problèmes qui relèvent de la maîtrise de la machine et ceux qui relèvent de l'analyse didactique des situations créées. C'est une compétence qui demande beaucoup d'expérience professionnelle et pour laquelle les échanges entre professeurs (au sein d'une formation par exemple) sont une aide puissante.

Ses analyses des problèmes soulevés par l'intégration, bien qu'encore fragmentaires, et sa motivation permettent de le classer comme "en voie d'intégration".

S5 (" expérimenté-positif ")



Ce professeur possède personnellement une HP ; il a disposé d'une TI-92 pendant **12** semaines, **il l'a utilisée pour 4 séances en classe** .

Il affirme avoir évolué dans sa pratique professionnelle durant la période du prêt : *" utilisation du calcul formel enfin accessible, sur la HP, cela est trop long "*.

Il estime que sa maîtrise des outils de calcul n'a pas évolué, mais pense les explorer plus avant lors des prochaines années d'enseignement.

Ses conceptions sur les calculatrices ont évolué pendant la période du prêt, comme en témoigne le tableau ci-dessous :

La généralisation des calculatrices graphiques :

NB : ce professeur n'a pas utilisé la possibilité qui lui était donnée de rappeler lors du questionnaire de fin d'année sa position antérieure à l'expérimentation.

	Octobre 96				Mars 97				
	Pas du tout	Très peu	Oui	Tout à fait	0	1	2	3	4
a. est un "atout" pour l'enseignement des mathématiques									X
b. rend les élèves plus autonomes			X					X	
c. permet de développer un débat scientifique dans la classe autour de conjectures, de preuves, de réfutations			X						X
d. en facilitant certaines procédures, empêche certains apprentissages élémentaires. Si oui, dans quel domaine ?					X				

L'évolution est assez nette : en fin d'année, toutes les cases sont remplies, et témoignent d'un point de vue plus positif encore sur les calculatrices "atout pour l'enseignement des mathématiques" et pour le développement du "débat scientifique" dans la classe. Il affirme clairement que les calculatrices n'empêchent pas les apprentissages élémentaires.

On assiste à la même évolution positive en ce qui concerne les modifications de l'enseignement rendues nécessaires par la généralisation des calculatrices graphiques (cf. tableau ci-dessous).

La généralisation des calculatrices graphiques nécessite une modification profonde de l'enseignement des mathématiques ...

	Octobre 96				Mars 97				
	Pas du tout	Très peu	Oui	Tout à fait	0	1	2	3	4
a. dans le comportemet du professeur			X						X
b. dans les exercices donnés			X						X
c. dans le déroulement du cours			X						
d. dans l'organisation de la classe			X						X
e. dans le programme lui-même									X

Il justifie chacune des ses appréciations : *"le maître doit connaître sa calculatrice, celles de ses élèves ainsi que leur fonctionnement"* ; *"il doit gérer les différences de machine"* ; *"le programme doit prendre en compte cet outil comme un chapitre à part entière"*.

En ce qui concerne l'évolution des pratiques pédagogiques, il donne le bilan suivant :

n° séance	**1**	**2**	**3**	**4**
type de séance	Module	Module	TD	Module
type de situation	Applic.	Applic.	Démar.	Applic.
type de notion :	Numériq.	Numériq.	Fonction	Numériq.
protocole : Rétro-prof				
Retro-élève				
Calc -élève				
Groupe				

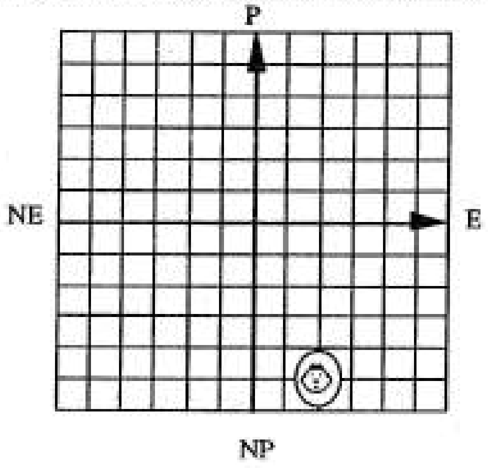
(en grisé, les cases sélectionnées)

Par ailleurs, il précise que :
- seulement quatre séances ont été réalisées dans un environnement calculatrice TI-92 *"car cela demande un travail plus important pour la préparation"* ;
- les quatre séances avec TI-92 ont été réalisées en TD ou module *"car il est nécessaire de le faire avec des demi-groupes"* ;
- *"il est important de faire manipuler les élèves"* .

En conclusion, on peut estimer que la caractérisation de **" positif engagé "** est bien confirmée par cette année : le professeur stagiaire a utilisé la calculatrice prêtée, a pris le temps de préparer des séances spécifiques, a impliqué les élèves dans la manipulation de la TI-92. Pour finir, il a d'ailleurs réalisé un mémoire sur ce thème (cf. annexe 2).

La deuxième caractérisation de **" expérimenté naïf "** doit être nuancée. On a pu le constater lors de la séance observée, le professeur met en avant la nécessité de **contrôler** les outils de calcul. Il insiste sur la nécessité pour le professeur de connaître les calculatrices de ses élèves, pour "gérer les différences entre outils". Il a réalisé l'importance du temps nécessaire à la mise au point de séances spécifiques. On peut estimer que cette année a été l'occasion de progrès importants dans la maîtrise pédagogique des outils de calcul (bien qu'il considère personnellement ne pas avoir progressé). Il reste sans doute à mieux organiser au sein de la classe les moments de travail individuel des élèves et les moments de synthèse. En s'affirmant décidé à "explorer plus avant" les conditions du travail avec calculatrice, il se situe comme **" expérimenté croissant "**.

S6(" expérimenté - non positif ")



Ce professeur possède une calculatrice programmable, et en fait une utilisation <u>privée</u> assez importante ; elle ne lui sert pas du tout dans son travail de professeur.

Le prêt de la TI-92 semble avoir un peu relancé son intérêt pour sa propre calculatrice (travail comparatif sans doute). La TI-92 a, par contre, fortement fixé son attention sur les courbes et les suites. S'il reconnaît peu d'évolution dans sa pratique sinon sur ces points, il souhaite toutefois explorer les perspectives ouvertes par cet outil.

Il reste toujours sur une forte réserve mais les tableaux qui suivent montrent une forte prise de conscience :

La généralisation des calculatrices graphiques :

	Octobre 96				Mars 97				
	Pas du tout	Très peu	Oui	Tout à fait	0	1	2	3	4
a. est un "atout" pour l'enseignement des mathématiques		X					⊗		
b. rend les élèves plus autonomes	X				⊗				
c. permet de développer un débat scientifique dans la classe autour de conjectures, de preuves, de réfutations		X							⊗
d. en facilitant certaines procédures, empêche certains apprentissages élémentaires. Si oui, dans quel domaine ?				X					⊗

Des réticences fortes au point de paraître caricaturales : les élèves sont et restent non autonomes (pour lui, ne le seraient-ils pas irrémédiablement ?), les apprentissages élémentaires sont gênés par les calculatrices (pour lui, ces apprentissages ne seraient-ils pas globalement insuffisants ?) et , enfin, son inquiétude est de voir les élèves devenir dépendants des calculatrices.

L'impact des calculatrices graphiques est perçu un peu plus positivement qu'en début d'année : il y a une même une forte évolution quant aux possibilités de débat scientifique à partir des calculatrices.

La caricature "conservatrice" se fissure d'ailleurs complètement quant on regarde le tableau ci-dessous.

La généralisation des calculatrices graphiques nécessite une modification profonde de l'enseignement des mathématiques ...

	Octobre 96				Mars 97				
	Pas du tout	Très peu	Oui	Tout à fait	0	1	2	3	4
a. dans le comportement du professeur			X					⊗	
b. dans les exercices donnés	X						⊗		
c. dans le déroulement du cours	X						⊗		
d. dans l'organisation de la classe	X				⊗				
e. dans le programme lui-même		X							⊗

Les changements sont perçus nécessaires en ce qui concerne le comportement du professeur, les exercices, le déroulement du cours, le programme lui-même. Sur tous ces points l'évolution depuis le début de l'année est considérable. Cela traduit sans doute une très nette prise de conscience.

Pas d'évolution cependant dans l'organisation de la classe. Il est vrai que concevoir autre chose que le format traditionnel est sans doute assez difficile pour un professeur débutant.

En ce qui concerne l'évolution des pratiques pédagogiques, il donne le bilan suivant :

n° séance	**1**	**2**	**3**	**4**
type de séance	Module			
type de situation	Applic.			
type de notion :	G. Analyt			
protocole : Rétro-prof Retro-élève Calc -élève Groupe	 non non non			

Une seule séance après celle qui a été observée. Le professeur stagiaire accorde un intérêt certain à cet outil. Il justifie la non réutilisation par l'ordonnancement des séquences de cours.

En conclusion.

Ce stagiaire, classé initialement expérimenté et non positif me semble avoir abordé sa carrière, quant aux calculatrices, sur des schémas très traditionnels. Sa participation à l'expérimentation paraît révélatrice d'une ouverture d'esprit prometteuse même si la réflexion sur une intégration des calculatrices dans l'enseignement des mathématiques, en particulier l'analyse des obstacles, est très sommaire. Expérience professionnelle, formation continue montrant des perspectives et croisant des expériences pourraient être décisives.

Il semble que ces observations permettent de le classer **"en intégration potentielle"**.

S9 (" non expérimenté - positif ")

En plus du questionnaire "standard" (que l'on trouvera plus loin), S9 a fait un bilan de son année de stage, que nous livrons ici. Rappelons que S9 avait comme tuteur un membre de notre équipe. On trouvera les réflexions de celui-ci à la fin de ce bilan.

Evolution de ma vision des calculatrices au cours de cette année 96-97

A. Évolution avant cette année

a. Du point de vue de l'utilisateur

Dans l'apprentissage des mathématiques la place accordée aux travaux réalisables par la machine diminue au cours du temps. La calculatrice est remplacée par l'ordinateur plus puissant mais surtout possédant un plus large éventail d'utilisation. Dans certains domaines des mathématiques toute machine devient inutile. De plus un étudiant en faculté n'a plus utilisé sa machine à calculer depuis le lycée ou au moins depuis le Deug.

En fait la machine apparaît comme limitée : il est plus facile d'avoir dans son esprit la représentation d'une variété différentielle de dimension 2 ou 3 (la représentation d'une de ses projections pour les dimensions supérieures) que de demander une telle représentation à la machine si lente et si imparfaite. Pour toutes les raisons développées plus haut ma vision de la machine était au début de l'année très négative.

b. Du point de vue de "l'enseignant"

Aux raisons précédentes, on peut en ajouter deux autres. L'une consiste au refus de la machine en réaction avec l'idée avancée par certains que celle-ci pourrait un jour réfléchir à la place de l'homme et le remplacer ; l'utilisation de la machine est vue comme une défaite de l'esprit face à la technologie.

L'autre est en relation avec l'image de l'expérimentation dans les mathématiques (ce lien entre machine et expérimentation sera développé plus tard). Le maître mot dans l'enseignement des mathématiques à l'université est "abstraction". Tous ceux qui sont obligés de "se salir les mains" en considérant un exemple ou en prenant une feuille de brouillon se discréditent et avouent leurs faiblesses.

B. Point de vue à la fin de cette année scolaire

Tout au long de l'année j'ai été amené à utiliser la machine à calculer aussi bien personnellement que lors d'activités dans le cadre de TD, cours ou module. Du point de vue de l'utilisateur, je l'utilise maintenant en tant qu'enseignant et non en tant que mathématicien. Elle me sert essentiellement à l'élaboration de problèmes à destination des élèves.

1. Machine et introduction des notions

Il me semble que, si on introduit des notions grâce à la machine à calculer, on risque que les élèves se fassent une fausse idée de cette notion. Il est possible qu'ils sachent utiliser la machine sans comprendre ce qu'ils font. Par contre, l'utilisation de la machine ultérieurement permettra d'asseoir plus rapidement la connaissance des notions et des apprentissages.

Une notion construite "à la main" possède une rigueur dans sa définition, une précision dans sa conception, qui n'existe pas lorsque la notion est construite à l'aide de la machine du fait que l'on ne peut pas en maîtriser tous les mécanismes de fonctionnement : trop de "boîtes noires" inconnues font écran à la limpidité des opérations.

2.Machine et expérimentation

J'aborde ici le point qui me paraît le plus important dans l'utilisation de la machine à calculer. Les élèves ont eu, tout au long de leur apprentissage des mathématiques, des difficultés à distinguer ce qui est de l'ordre de l'observation et ce qui est de l'ordre du raisonnement. L'utilisation de la machine permet aux élèves de prendre conscience de deux éléments essentiels :

- du fait des imperfections de la machine l'importance de la démonstration s'impose aux élèves. Ils comprennent alors la nécessité de la démonstration pour être sûr d'un résultat. De plus le caractère sacré qu'ils attribuent à la machine est cassé ;
- grâce aux expérimentations que permet la machine, les élèves apprennent à construire un raisonnement à partir de l'observation. L'intuition revêt toute sa dimension. Les démonstrations ne sortent pas d'on ne sait où. La machine permet d'étudier et d'expérimenter un plus grand nombre de problèmes. L'utilisation de la machine devient, pour l'élève, préférable dès qu'un travail fastidieux et répétitif (mécanique) est rencontré. L'observation d'exemples plus nombreux permettra d'élaborer une conjecture qu'entérinera une démonstration.

3. Machine et "basses besognes"

La machine permet d'opposer à l'élève ce qui est de l'ordre de la réflexion et du raisonnement et ce qui est de l'ordre du "mécanisme". Pour un élève les mathématiques sont souvent vues exclusivement comme un cours à apprendre et des savoir-faire à acquérir. Si l'élève voit que tout ce qui est mécanique peut être fait par la machine, il est probable qu'il recentrera son intérêt sur la réflexion et le raisonnement ce qui est, pour moi, l'essentiel des mathématiques.

4. Machine : comment doit-elle être, selon moi, perçue par les élèves ?

Il me semble que les élèves devraient percevoir la machine comme un outil (avec ses qualités et ses imperfections) approprié à un certain type de travail. La machine n'est pas un instrument sacré d'où sortira la solution juste et indiscutable. Elle est capable de réaliser certaines opérations spécifiques (exemple : calcul de valeur approchée à une certaine précision). Elle permet d'expérimenter, de ce fait elle aide l'intuition. Elle permet de réaliser des tâches répétitives.

Conclusion du tuteur

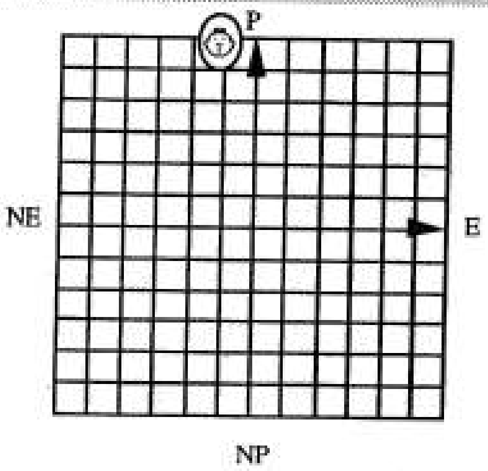
L'entretien qui a suivi la séance (plus que la séance elle-même) montre une évolution importante de ce professeur dans sa conception de l'intégration des calculatrices. Si, en début d'année, son point de vue pouvait se résumer à *"Il faut essayer pour voir"*, l'attitude expérimentale qu'il a développée tout au long de l'année l'a conduit à une connaissance plus approfondie de la TI-92. D'autre part, s'étant limité à l'utilisation des fonctions graphiques et de l'application de géométrie intégrée, il perçoit surtout la calculatrice comme un outil permettant de développer des conjectures en multipliant les possibilités d'expérimentation.

Les éléments qu'il a perçus négativement dans la séance observée l'ont amené à réenvisager l'organisation de la séance, sans remettre pour autant en cause l'utilisation de la machine. C'est donc une réflexion didactique que ce professeur amorce.

Il est très difficile de savoir dans quelle mesure l'influence du tuteur qui utilise les calculatrices graphiques avec les élèves (individuelles et/ou rétroprojetables) a pesé et pèse sur ce professeur stagiaire. Il dit lui-même que, pour pouvoir imaginer certaines formes de travail en classe, il faut pouvoir observer leur efficacité dans la classe d'un autre professeur. Applique-t-il cet aphorisme à l'utilisation de la calculatrice ?

Le classement suggéré à l'issue du premier entretien de "positif expérimentateur" semble parfaitement justifié. Il reste qu'une évolution rapide de ses compétences dans la manipulation de la TI 92, provoque un déplacement continu de sa classification vers la catégorie "expérimenté".

S9 (" non expérimenté - positif ")



Ce professeur possède personnellement une TI-92 depuis le mois d'octobre ; il l'utilise régulièrement en classe au moins ponctuellement. Dans sa pratique professionnelle, il utilise régulièrement sa calculatrice pour préparer les cours et exercices ainsi pour sa recherche personnelle mais ni plus ni moins aujourd'hui qu'en début d'année.

Avant la date du "prêt", il estimait que la calculatrice *"pouvait constituer le prélude d'une séance durant lequel on élaborait des conjectures"*. Il pense aujourd'hui qu'on peut *"construire une séance autour de la calculatrice"*. Il estime être devenu plus performant dans sa maîtrise des outils de calcul et continuer à utiliser de la même manière sa calculatrice lors de ses prochaines années d'enseignement (en explorant toutefois davantage les possibilités de programmation). Ses conceptions sur les calculatrices n'ont pas changé, selon lui, entre octobre et mars, comme en témoigne le tableau ci-dessous :

(rappel : pour le questionnaire de Mars, le professeur était invité à utiliser l'échelle de 0 (nul) à 4 (beaucoup) ; dans la grille de Mars, le professeur était invité à noter avec O l'avis antérieur à l'expérimentation et avec x l'avis après l'expérimentation).

La généralisation des calculatrices graphiques :

	Octobre 96				Mars 97				
	Pas du tout	Très peu	Oui	Tout à fait	0	1	2	3	4
a. est un "atout" pour l'enseignement des mathématiques				X					⊗
b. rend les élèves plus autonomes			X					⊗	
c. permet de développer un débat scientifique dans la classe autour de conjectures, de preuves, de réfutations				X				⊗	
d. en facilitant certaines procédures, empêche certains apprentissages élémentaires. Si oui, dans quel domaine ?		X				⊗			

Pour ce professeur, il n'y a donc pas eu d'évolution entre le début et la fin de l'expérimentation. Cependant, en comparant les réponses d'octobre et de mars, il semblerait avoir perdu quelques certitudes sur le fait que l'utilisation des calculatrices puisse développer un débat scientifique dans la classe. Est-ce dû aux difficultés rencontrées dans la gestion de la classe pendant les activités utilisant les calculatrices ?

Il déclare n'avoir pas changé de point de vue à propos des modifications que la généralisation des calculatrices impose à l'enseignement des mathématiques. Il précise que le professeur doit savoir se servir des calculatrices et que les exercices doivent permettre d'exploiter des conjectures, d'apprendre à utiliser les calculatrices et à bien en connaître les défauts. Il souligne le danger d'inégalité si tous les élèves ne sont pas équipés.

La généralisation des calculatrices graphiques nécessite une modification profonde de l'enseignement des mathématiques ...

	Octobre 96				Mars 97				
	Pas du tout	Très peu	Oui	Tout à fait	0	1	2	3	4
a. dans le comportement du professeur				X					⊗
b. dans les exercices donnés				X					⊗
c. dans le déroulement du cours			X						⊗
d. dans l'organisation de la classe			X						⊗
e. dans le programme lui-même			X				⊗		

Il n'y a effectivement que peu de changements entre les deux étapes : on peut cependant interpréter les différences sur les lignes c et d comme une prise de conscience aiguë des difficultés provoquées par la présence d'une interface entre le professeur et les élèves et rapprocher ce changement de point de vue de celui observé au tableau précédent.

En ce qui concerne l'évolution des pratiques pédagogiques, il donne le bilan suivant :

n° séance	**1**	**2**	**3**	**4**
type de séance	Module	Classe ent	Classe ent	Classe ent
type de situation	Applic. Réinvest.	Démarr. Réinvest.	Applic. Réinvest.	Applic. Réinvest.
type de notion :	Géométr.	Fonctions	Fonct. Géom. G. analyt. Numériq.	Fonct. Géom. G. analyt. Numériq.
protocole : Rétro-prof				
Retro-élève				
Calc -élève				
Groupe				

Ce professeur précise n'avoir fait quatre séances utilisant la TI92 parce que, dit-il, "il devient difficile de motiver les élèves". Ceci n'en exclut pas une utilisation ponctuelle pour montrer, observer dans une séance non répertoriée. Il craint par ailleurs que l'utilisation de la calculatrice en introduction d'une notion (démarrage) conduise les élèves à une "construction déformée de cette notion". Il considère comme difficile et de peu d'intérêt, l'utilisation de la TI92 en géométrie analytique. Ce point de vue est peut-être une conséquence de l'inexpérimentation de ce professeur concernant les possibilités de calcul formel de cet outil.

En conclusion, ce stagiaire, classé initialement non expérimenté et positif, a évolué au long de l'année tant dans sa connaissance de l'outil que dans la variété de ses utilisations dans la classe. Il appuie sa réflexion sur ses expériences personnelles en tirant les leçons des échecs et des succès. Il ne paraît pourtant pas encore au stade d'une réflexion globale sur l'intégration des calculatrices dans l'enseignement. En particulier, son analyse des obstacles engendrés par la présence de cet outil est encore rudimentaire. Il semble que son évolution permette de le classer **"en voie d'intégration"**.

Conclusion de IV.3.

1. Nous pouvons d'abord observer dans le tableau ci-dessous les effets différenciés de la pression didactique exercée par le cadre expérimental sur les professeurs stagiaires de deux points de vue :

- du point de vue de la conscience qu'ils ont de leur degré d'expertise ("en ce qui concerne votre maîtrise des outils de calcul, estimez-vous être devenu plus performant ou sans changement ?") ;

- du point de vue de leur engagement personnel ("en ce qui concerne vos prochaines années d'enseignement, pensez-vous en rester là avec les calculatrices ou explorer plus avant ?").

Non expérimenté / Positif	**Expérimenté / Positif**
S9 Maîtrise des outils : ✚ Engagement : ✚	**S4** Maîtrise des outils : ✚ Engagement : ✚ **S5** Maîtrise des outils : idem Engagement : ✚
Non expérimenté / Non positif	**Expérimenté / Non positif**
S2 Maîtrise des outils : idem Engagement : idem	**S6** Maîtrise des outils : idem Engagement : ✚

On le voit, la volonté d'explorer plus avant les "environnements calculatrices" est partagée par tous les stagiaires sauf S2. Cela témoigne d'une évolution positive. En ce qui concerne S2, il faut bien constater que l'expérimentation n'a pas pu débloquer la situation.

Il en est de même en ce qui concerne la maîtrise des outils de calcul : S2 n'a pas bougé. On peut constater l'évolution positive de S9, caractérisé de "non expérimenté" en début d'année. S5 et S6 s'estimaient "experts" au début du stage : ils n'ont pas changé d'avis en fin de stage.

Si l'on s'en tient à ce que les stagiaires pensent d'eux-mêmes, il est certain que tous (sauf S2) peuvent être caractérisés en fin d'année de "expérimentés/positifs".

2. En ce qui concerne l'organisation des "environnements calculatrices", on retrouve dans le bilan les mêmes tendances que lors des séances observées.

Les environnements mis en place par S5 et S6 avaient été rangés dans la rubrique "cinéma" (manipulation du dispositif de rétroprojection par le professeur seul, sans lien avec les calculatrices des élèves, cf. IV.2.). On retrouve le même cadre dans les séances ultérieures :

- S4 a organisé 3 séances (dont deux avec la seule calculatrice rétroprojetable du professeur et une, tout de même, combinant calculatrice rétroprojetable du professeur et calculatrices des élèves) ;

- S6 a organisé une seule séance avec la seule calculatrice rétroprojetable tenue par le professeur.

Les environnements mis en place par S6 et S9 dans les séances observées étaient beaucoup plus "interactifs" (travaux de groupes pour le premier, exposé par deux élèves pour le second). On retrouve ce cadre dans les séances ultérieures :

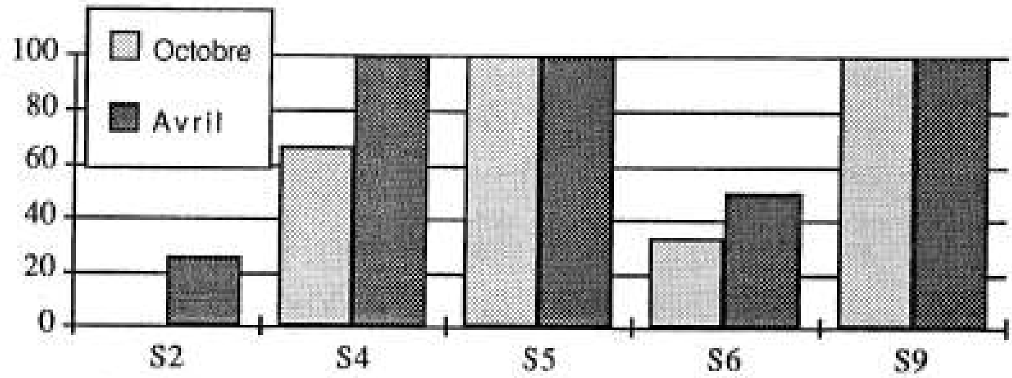
- S5 a organisé 4 séances combinant, pour l'une d'entre elles, la rétroprojetable contrôlée par le professeur et les calculatrices des élèves, pour les trois autres, la rétroprojetable contrôlée par un élève et les calculatrices des élèves ;
- S9 a organisé 4 séances combinant, pour trois d'entre elles, la rétroprojetable contrôlée par le professeur et les calculatrices des élèves, pour la dernière la rétroprojetable contrôlée par le professeur et les élèves et les calculatrices propres des élèves.

3. La question relative aux effets estimés de la généralisation des calculatrices graphiques permet de mesurer plus précisément les évolutions.

Pour construire les graphiques ci-dessous, on a dû affecter des coefficients aux réponses du questionnaire de début d'année (4 degrés pour chaque réponse) et pour celles du questionnaire de fin d'année (5 degrés de réponse) de la manière suivante :

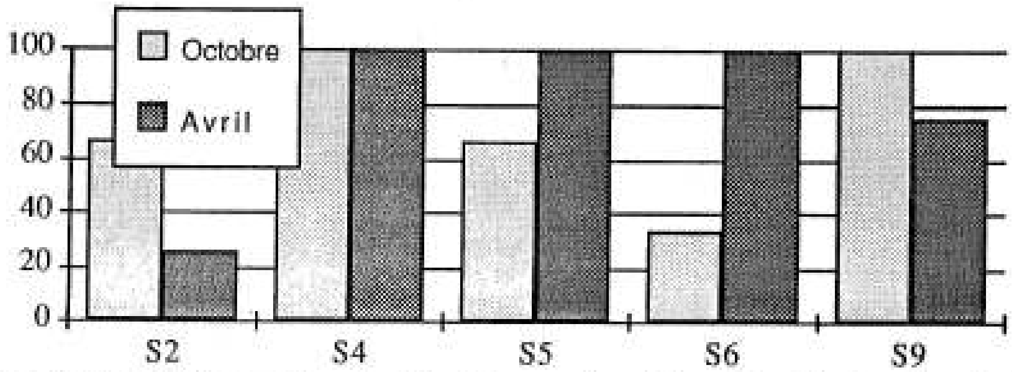
Questionnaire	Début d'année				Fin d'année				
Différentes possibilités de choix.......................	Pas du tout	Très peu	Oui	Tout à fait	0	1	2	3	4
Coefficients................	0	33	66	100	0	25	50	75	100

Le diagramme 1 ci-dessous met bien en évidence les stagiaires "positifs" (S4, S5 et S6). Il indique aussi une certaine évolution positive des stagiaires S2 et S6.



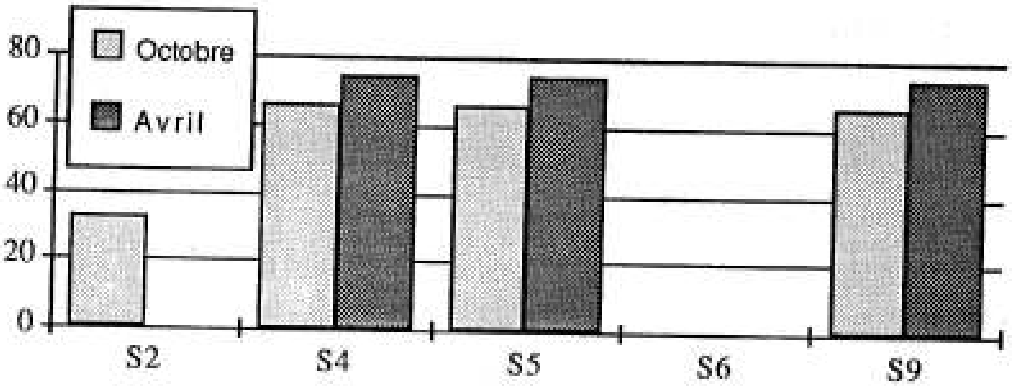
Diag. 1. Degré d'accord des stagiaires à la question : *"la généralisation des calculatrices graphiques est-elle un atout pour l'enseignement des mathématiques ? "*.

Ainsi l'expérimentation a un résultat positif pour l'ensemble de l'échantillon observé.
Plus particulièrement, comme l'indique le diagramme 2 ci-dessous, l'utilisation possible des calculatrices graphiques pour développer un "débat scientifique" dans la classe apparaît clairement :



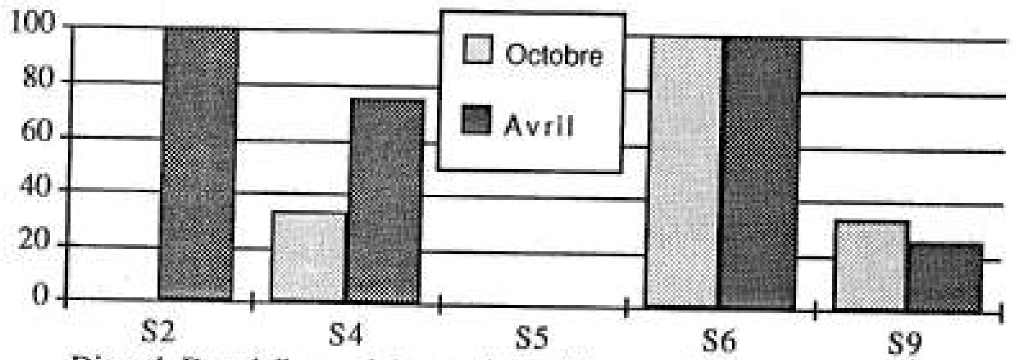
Diag. 2. Degré d'accord des stagiaires à la question : *"la généralisation des calculatrices graphiques permet-elle de développer un débat scientifique dans la classe ?"*

Seul le stagiaire *S2* n'est pas convaincu par cet aspect de l'utilisation des calculatrices. Cependant on peut se demander si ce point de vue n'est pas lié à une conception plus générale de l'enseignement des mathématiques. Nous avions vu (cf. IV.1.) que les stagiaires "négatifs" avaient une conception plus "formelle" de l'enseignement des mathématiques. On retrouve cette idée dans le diagramme 3 ci-dessous : il y a une opposition claire entre les stagiaires "positifs" (*S4*, *S5* et *S9*) et les stagiaires "négatifs" (S2 et S6) quant à l'effet des calculatrices graphiques sur l'autonomie des élèves. On peut émettre l'hypothèse que c'est parce qu'ils ne mettent pas en place des situations de travail autonome... que les professeurs ne constatent pas une aptitude à l'autonomie des élèves [31].



Diag. 3. Degré d'accord des stagiaires à la question : *"la généralisation des calculatrices graphiques rend-elle les élèves plus autonomes ? "*.

Le diagramme 4 ci-dessous met en évidence un autre phénomène : une des raisons des résistances à l'intégration des calculatrices est l'idée que celle-ci empêche les apprentissages élémentaires. Cette idée est assez répandue (cf. en particulier [Bruillard, 1995]).



Diag. 4. Degré d'accord des stagiaires à la question : *"la généralisation des calculatrices graphiques empêche-t-elle certains apprentissages élémentaires ? "*.

Si l'accord avec ce point de vue est total chez les professeurs "négatifs" S2 et S6, il fait apparaître aussi une autre ligne de fracture entre S2-S4-S6 d'une part et S5-S9 d'autre part. Cela correspond à des conceptions différentes du travail avec les élèves :

- on a constaté que les trois premiers stagiaires avaient une conception assez "dirigiste" du travail ("cinéma!") dans laquelle le rôle du professeur, pour l'animation du débat dans la classe comme pour les apprentissages élémentaires, est dominant. On comprend, dans ces conditions, que les calculatrices à la disposition des élèves soient perçues comme une concurrence potentiellement dangereuse ;

---

[31] Hypothèse à avancer avec prudence : la notion de travail autonome est en effet assez floue et aurait gagné à être précisée davantage dans les questionnaires.

- S5 et S9 manifestent au contraire une conception dans laquelle les échanges entre les élèves ont un rôle très important. On peut comprendre qu'ils puissent imaginer des scénarios dans lesquelles les calculatrices des élèves puissent servir (et non pas desservir) les apprentissages élémentaires.

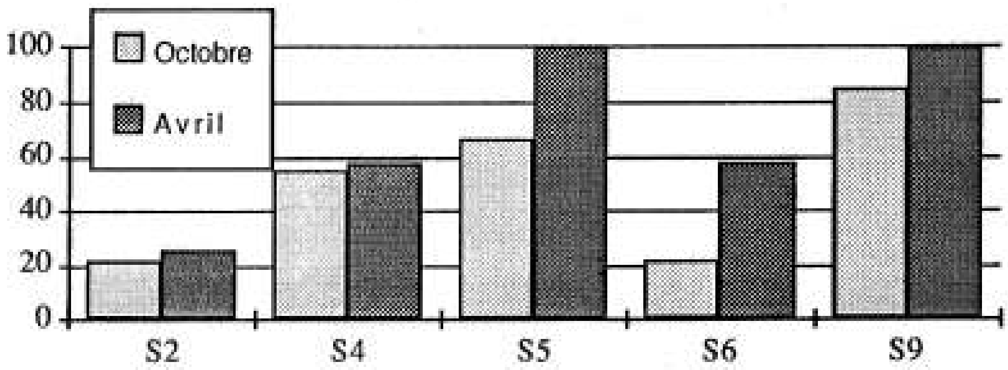
4. La question relative aux modifications de l'enseignement des mathématiques (rendues nécessaires par le généralisation des calculatrices graphiques) donne aussi d'utiles informations.

Les changements proposés se situent à trois niveaux :

- un niveau personnel, lié à l'engagement du seul professeur (son comportement, les exercices donnés, le déroulement du cours) ;
- un niveau structurel, lié à l'organisation de la classe ;
- un niveau institutionnel, lié au programme de mathématiques.

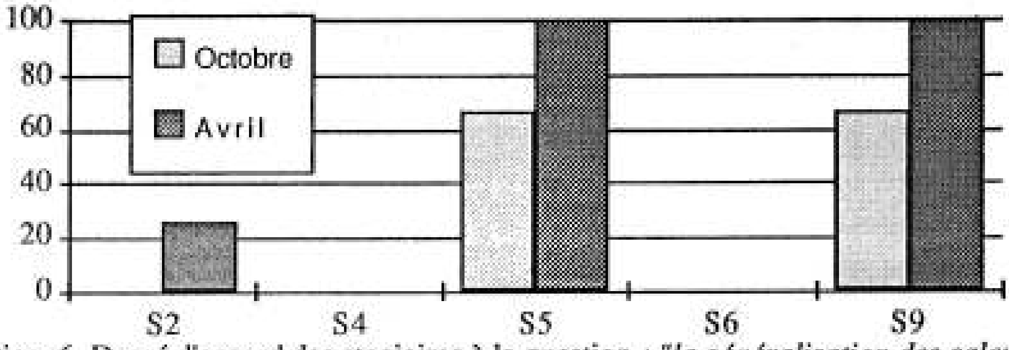
On pourra constater que, sur ces trois points, l'accord des différents stagiaires croît (au sens large) entre les deux questionnaires, avec cependant des différences notables.

Sur le premier point (diagramme 5 ci-dessous), on relève la même différence que celle notée ci-dessus entre S5-S9 d'un côté (forte modification du comportement) et S4-S6 de l'autre (modification "moyenne").



Diag. 5. Degré d'accord des stagiaires à la question : *"la généralisation des calculatrices graphiques nécessite-t-elle une modification du comportement du professeur ? "*.

Cet écart est encore plus fort si l'on considère les modifications structurelles de l'organisation de la classe (diagramme 6 ci-dessous) : S4 et S6 n'envisagent pas de pousser la modification de leur enseignement jusqu'à une telle modification structurelle.

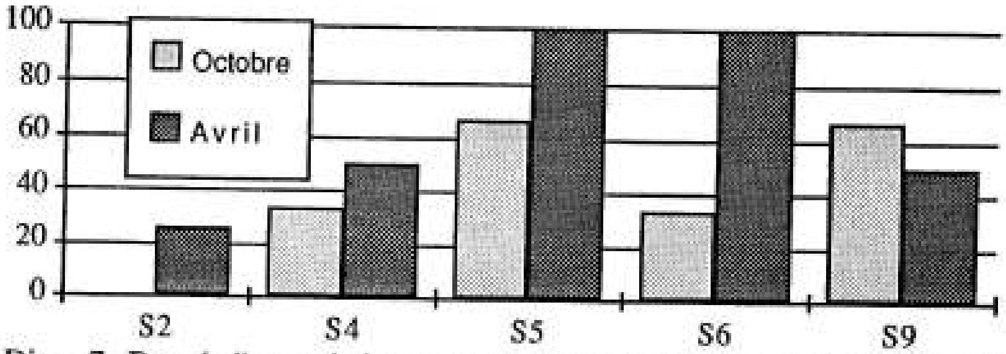


Diag. 6. Degré d'accord des stagiaires à la question : *"la généralisation des calculatrices graphiques nécessite-t-elle une modification de l'organisation de la classe ? "*.

Par contre, tous estiment nécessaire une modification des programmes. Cette nécessité est plus ou moins ressentie. On peut observer deux profils opposés :

- S9 ("non expérimenté/positif") est prêt à des modifications importantes de son enseignement et de l'organisation de la classe. Il ressent moins nécessaire une modification des programmes ;
- S6 ("expérimenté-non positif") estime tout à fait nécessaire une modification des programmes. Il n'est par contre pas disposé à modifier l'organisation de la classe.

On retrouve l'écart classique entre ceux qui veulent changer tout de suite et ceux qui reportent à demain les changements nécessaires (appuyés sur les responsabilités propres de l'institution).



Diag. 7. Degré d'accord des stagiaires à la question : *"la généralisation des calculatrices graphiques nécessite-t-elle une modification des programmes ? "*.

Pour conclure, on peut estimer que les réponses des stagiaires au questionnaire de fin d'année amplifie (sauf pour S2) les phénomènes constatés lors de l'observation dans les classes :

- ils manifestent une prise en compte plus positive des calculatrices dans le cours de mathématiques ;
- ils manifestent une prise en compte plus différenciée des contraintes propres à cette intégration.

C'est sans doute naturel : la première intégration du dispositif de rétroprojection dans la classe a montré les potentialités de ce nouvel environnement technologique pour l'enseignement des mathématiques (débat scientifique). Mais pour aller plus loin, il aurait fallu soutenir ce travail d'intégration par une réflexion didactique que notre équipe n'avait pas pour but d'organiser.

Fait significatif : c'est le stagiaire S5 qui semble le plus conscient des modifications institutionnelles, structurelles, personnelles, entraînées par la généralisation des calculatrices graphiques. C'est aussi celui qui a poussé la réflexion personnelle le plus loin (il a en particulier rédigé un mémoire sur ce thème).

Cette réflexion didactique sera par contre fournie dans le cadre de l'observation "niveau 2" des stagiaires en pratique accompagnée. Nous pourrons alors en voir les effets, tant sur le plan de la modification du point de vue général (positif/négatif) que sur celui de la conscience des changements nécessaires.

Chapitre V

Les observations en pratique accompagnée

Introduction

Dans le chapitre IV, nous avons suivi l'évolution d'un échantillon de stagiaires sur lesquels nous avons exercé une certaine pression :

- un matériel leur a été prêté ;
- une séance a été observée.

Mais notre fonction prescriptive a été ponctuelle : aucun conseil sur les thèmes abordés, ni sur la forme des séances, la nature de l'intégration des matériels, la prise en compte des calculatrices des élèves...

Nous allons ici nous situer de façon très différente. Les stagiaires dont il sera question seront en "pratique accompagnée" dans des classes où enseignent des membres de notre équipe de recherche. Avant d'avoir à assurer eux-mêmes des cours, ils seront conduits à observer la pratique des professeurs en charge de ces classes. On peut donc supposer que le rôle prescriptif de notre équipe sera beaucoup plus important.

Nous étudierons deux contextes très différents de "pratique accompagnée" :

- le premier, que nous avons qualifié un peu sommairement de "pression didactique faible", se situera dans des classes "normales", c'est-à-dire dont les élèves sont pourvus de modèles quelconques, donc différents, de calculatrices. Dans cette classe, le professeur utilise régulièrement (mais pas systématiquement) un dispositif de rétroprojection de calculatrice et intègre (régulièrement aussi) les calculatrices des élèves dans son enseignement. Les stagiaires peuvent observer ce système d'enseignement et sont libres de reproduire, ou non, un système de même nature quand ils interviennent dans la classe ;

- le second, que nous avons qualifié aussi sommairement de "pression didactique forte", se situe dans une classe expérimentale, dont tous les élèves sont pourvus d'une calculatrice symbolique TI-92. Dans cette classe, le professeur utilise systématiquement un dispositif de rétroprojection et conçoit systématiquement aussi son cours dans un "environnement calculatrice", l'environnement comprenant à la fois le dispositif de rétroprojection (manipulé par un élève) et les calculatrices propres des élèves. Les stagiaires, quand ils prennent en charge cette classe, ne peuvent que se situer dans l'environnement habituel dans laquelle elle se situe.

Nous verrons sur des stagiaires de profils comparables l'effet de ces deux contextes et nous comparerons ces évolutions avec les évolutions observées dans le chapitre précédent.

V. 1 . Stagiaires sous "pression didactique faible".

Deux stagiaires (A et B) ont suivi les cours d'un membre de notre équipe et ont subi, quant aux calculatrices, ce que nous pourrions appeler une "pression didactique faible" :

- le professeur accompagnateur fait, avec ses classes, un usage régulier de calculatrices graphiques et/ou symboliques ;

- il fait explicitement référence aux calculatrices individuelles des élèves dont les résultats sont utilisés tant pour la progression du cours que lors d'exercices dirigés ;

- lors des rencontre préparatoires aux interventions des stagiaires dans les classes observées, les stagiaires sont sollicités pour utiliser une rétroprojetable (ou tout autre dispositif) et le professeur accompagnateur suggère les situations favorables à une intégration, propose son aide pour les manipulations. Toutes les facilités sont données, mais sans aucune obligation ni insistance.

I Contexte du stage.

Celui-ci s'est déroulé dans les classes de seconde et de TS (spécialité biologie) du tuteur. Il y eut 24 séances, dont 15 "assistées par une calculatrice rétroprojetable" :

• séances de cours	6	dont 2 avec une calculatrice rétroprojetable ;
• séances de t.d.	12	dont 8 avec une calculatrice rétroprojetable ;
• séances modules	2	dont 1 avec une calculatrice rétroprojetable ;
• séances soutien	4	dont 4 avec une calculatrice rétroprojetable.

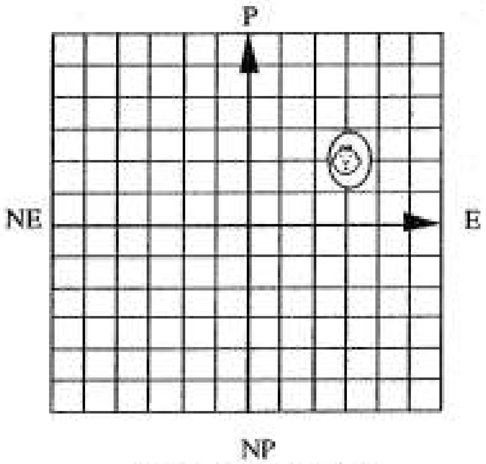
II Présentation des stagiaires Sa et Sb.

Ils s'agit de deux stagiaires, leurs classes en responsabilité sont en collège (cinquièmes). On lira dans les pages qui suivent une synthèse de leurs réponses lors du questionnaire d'octobre. Pour les situer dans la grille "expérimenté/positif", nous n'avons pas retenu les mêmes indices que pour les stagiaires de lycée quant à la "positivité" (cf. III.3.) :

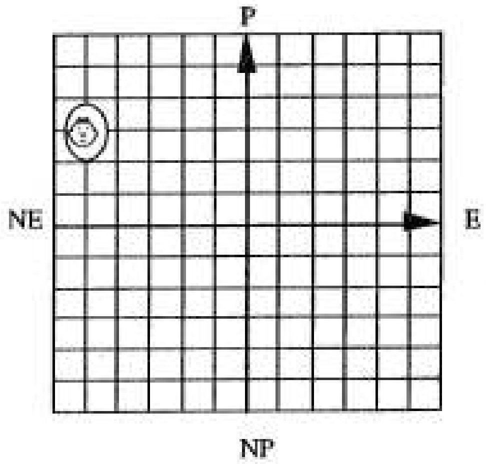
- pour les stagiaires de lycée, nous avions pris en compte la réponse à la question "la généralisation des calculatrices est-elle un atout pour l'enseignement des mathématiques?" et la réponse à la question "envisagez-vous cette année de réaliser des activités spécifiques intégrant des calculatrices graphiques?" (réponse affectée d'un coefficient 2) ;

- pour les stagiaires de collège, nous avons tenu compte du fait que les calculatrices graphiques étaient un outil moins communément utilisé qu'en lycée. Nous avons pris aussi en compte la question relative aux calculatrices graphiques "atout", puis la question relative à l'utilisation cette année de calculatrices (pas forcément graphique), et enfin la question relative à l'intégration l'année prochaine de calculatrices graphiques (toutes réponses affectées d'un coefficient 1).

Avec ces conventions, Sa apparaît comme "**expérimenté /positif**"
Sb comme "**non expérimenté/positif**".

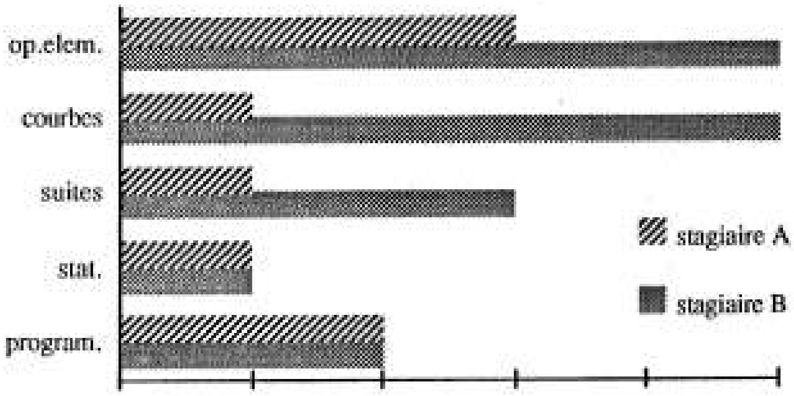


Localisation de Sa



Localisation de Sb

Le diagramme ci-dessous est issu des réponses données lors du questionnaire d'octobre et précise la pratique des calculatrices des deux stagiaires Sa et Sb :



Sa : ne dispose que d'une calculatrice programmable.
Sb : dispose d'une calculatrice graphique (TI-82).

Sa (" expérimenté- positif ")

Bilan partiel du questionnaire d'octobre 1996

Nom de la calculatrice possédée actuellement	**Type de calculatrice**				**Utilisation**			
	S	**P**	**G**	**F**	**Be**	**Ré**	**Ra**	**Pa**
Sharp		X				X		

Estimez-vous connaître la dernière calculatrice en votre possession :
Très bien ☐ Assez bien ■ Un peu ☐ Pas du tout ☐

La généralisation des calculatrices graphiques :	Tout à fait	Oui	Très peu	Pas du tout
a. est un "atout" pour l'enseignement des mathématiques	X			
b. rend les élèves plus autonomes	X			
c. permet de développer un débat scientifique dans la classe autour de conjectures, de preuves, de réfutations				X
d. en facilitant certaines procédures, empêche certains apprentissages élémentaires. Si oui, dans quel domaine ?			X	

La généralisation des calculatrices graphiques nécessite une modification profonde de l'enseignement des mathématiques du point de vue...	Tout à fait	Oui	Très peu	Pas du tout
- du comportement du professeur		⊗		
- des exercices donnés	⊗			
- du déroulement du cours		O		X
- de l'organisation de la classe	O		X	
- du programme lui même		X		

Qu'est ce qui, d'après vous, a eu ou aura beaucoup d'influence sur l'enseignement des mathématiques :

La généralisation des calculatrices scientifiques (4 opérations) ☐
La généralisation des calculatrices programmables ☐
La généralisation des calculatrices graphiques ■
La généralisation des calculatrices réalisant du calcul formel ■
Aucun de ses outils n'influence réellement l'enseignement des mathématiques ☐

Cette année, dans vos classes :

Envisagez-vous de réaliser des activités spécifiques intégrant les calculatrices ?
Oui ☐ Non ■ Je ne sais pas ☐
Envisagez-vous de réaliser des activités spécifiques intégrant les calculatrices graphiques ?
Oui ☐ Non ■ Je ne sais pas ☐
Envisagez-vous d'utiliser une calculatrice rétroprojetable ?
Oui ☐ Non ■ Je ne sais pas ☐
Seriez-vous intéressés par le prêt d'un matériel permettant ce type d'activités (rétroprojecteur, lot de calculatrices graphiques...)
Oui ☐ Non ■ Je ne sais pas ☐

Plus tard, dans vos classes :

Envisagez-vous de réaliser des activités spécifiques intégrant les calculatrices ou les calculatrices graphiques et d'utiliser une calculatrice rétroprojetable ?
Oui ■ Non ☐ Je ne sais pas ☐

Sb (" non expérimenté- positif ")

Bilan partiel du questionnaire d'octobre 1996

Nom de la calculatrice possédée actuellement	**Type de calculatrice**				**Utilisation**			
	S	**P**	**G**	**F**	**Be**	**Ré**	**Ra**	**Pa**
TI-82			X				X	

Estimez-vous connaitre la dernière calculatrice en votre possession :
Très bien ❐ Assez bien ❐ Un peu ❐ Pas du tout ■

La généralisation des calculatrices graphiques :	Tout à fait	Oui	Très peu	Pas du tout
a. est un "atout" pour l'enseignement des mathématiques	X			
b. rend les élèves plus autonomes			X	
c. permet de développer un débat scientifique dans la classe autour de conjectures, de preuves, de réfutations		X		
d. en facilitant certaines procédures, empêche certains apprentissages élémentaires. Si oui, dans quel domaine ?		X		

La généralisation des calculatrices graphiques nécessite une modification profonde de l'enseignement des mathématiques du point de vue...	Tout à fait	Oui	Très peu	Pas du tout
- du comportement du professeur		⊗		
- des exercices donnés	⊗			
- du déroulement du cours		O		X
- de l'organisation de la classe		O	X	
- du programme lui même			⊗	

Qu'est ce qui, d'après vous, a eu ou aura beaucoup d'influence sur l'enseignement des mathématiques :

La généralisation des calculatrices scientifiques (4 opérations) ❐
La généralisation des calculatrices programmables ■
La généralisation des calculatrices graphiques ■
La généralisation des calculatrices réalisant du calcul formel ❐
Aucun de ses outils n'influence réellement l'enseignement des mathématiques ❐

Cette année, dans vos classes :

Envisagez-vous de réaliser des activités spécifiques intégrant les calculatrices ?
Oui ❐ Non ❐ Je ne sais pas ■
Envisagez-vous de réaliser des activités spécifiques intégrant les calculatrices graphiques ?
Oui ❐ Non ■ Je ne sais pas ❐
Envisagez-vous d'utiliser une calculatrice rétroprojetable ?
Oui ❐ Non ❐ Je ne sais pas ■
Seriez-vous intéressés par le prêt d'un matériel permettant ce type d'activités (rétroprojecteur, lot de calculatrices graphiques...)
Oui ❐ Non ■ Je ne sais pas ❐

Plus tard, dans vos classes :

Envisagez-vous de réaliser des activités spécifiques intégrant les calculatrices ou les calculatrices graphiques et d'utiliser une calculatrice rétroprojetable ?
Oui ■ Non ❐ Je ne sais pas ❐

III Présentations des travaux respectifs pendant le stage

Présentation du travail de Sa

Sa a assisté à 28 séances dont cinq qu'il a lui-même assumées :

- une séance de soutien en seconde : équations, inéquations ;

- un cours en TS: convergence des suites ;

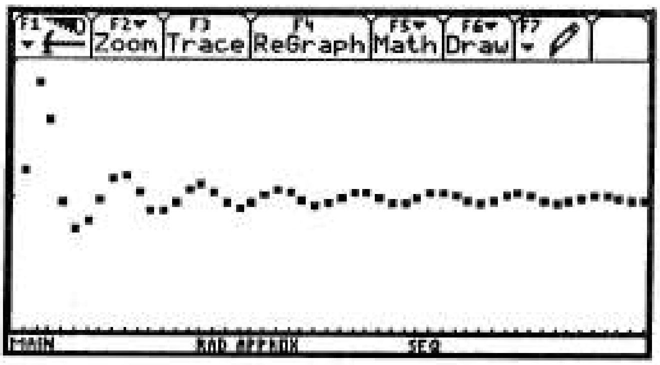
- une séance d'exercices dirigés en TS : calcul intégral ;

- deux corrections de devoir en TS : étude de fonctions.

Sur toute la durée du stage de pratique accompagnée, il y a eu une seule utilisation d'une calculatrice symbolique (TI-92) rétroprojetée : lors d'une séance de type cours sur les suites et leur convergence (cf. ci-dessous).

La calculatrice est prêtée 3 jours avant. La mise en place du dispositif est faite par le conseiller pédagogique).

La calculatrice sera utilisée seulement cinq minutes à la fin du cours pour illustrer le théorème des gendarmes sur la convergence de $\left(\frac{n + \sin n}{n + \cos n}\right)$



Présentation du travail de Sb

Sb a assisté à 30 séances, dont 5 qu'il a lui-même assumées :

- une séance de soutien en seconde : fonctions (ensemble de définition, parité) ;

- deux T.D. en seconde : programmation linéaire ;

- une séance d'exercices dirigés en TS : limites de suites ;

- une correction de devoir en seconde : alignement parallélisme dans le plan.

Sur toute la durée du stage de pratique accompagnée, aucune séance n'a donné lieu à une utilisation de calculatrices. Pas ou peu de références ont été faites aux calculatrices que les élèves manipulaient pendant ces séances.

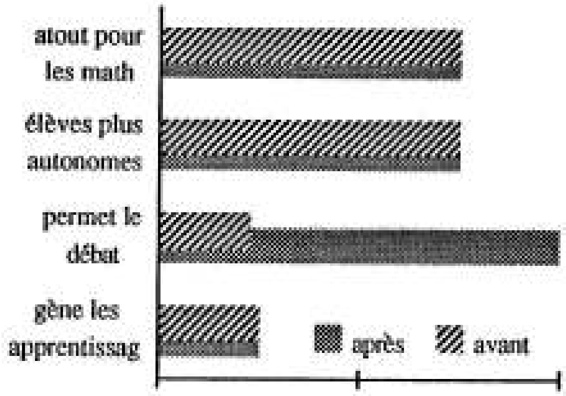
IV Bilan du questionnaire post-stage :

Le même type de questionnaire que celui qui avait été proposé en Octobre a été proposé à nouveau en Mai, **à la fin du stage** de pratique accompagnée.
On trouvera ci-dessous des graphiques illustrant l'évolution des conceptions .

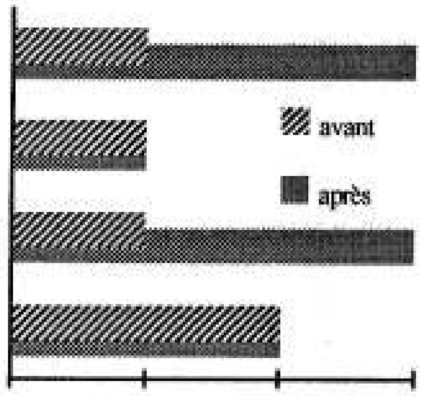
Évolution des conceptions :

1) Donnez votre degré d'accord avec les affirmations suivantes en précisant avant et après le stage : *Pour vous, les calculatrices sont …*

Stagiaire Sa



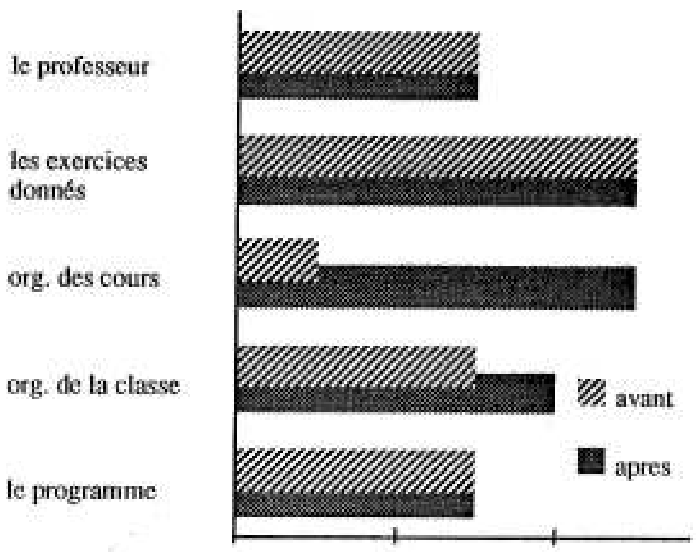
Stagiaire Sb



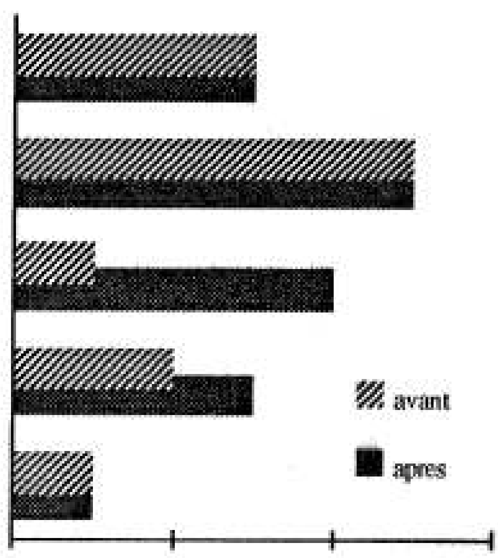
Sa utilise des logiciel de géométrie devant sa classe de cinquième ; sa foi, déjà bien établie avant le stage, s'étend facilement jusqu'aux calculatrices. Il semble toutefois que son point de vue sur les possibilités de débat scientifique aient évolués.
Sb utilise, en privé, une calculatrice graphique mais ne s'est pas investi dans les nouvelles technologies. L'influence du stage a été nettement plus marquante : les calculatrices seraient effectivement un atout pour l'enseignement des mathématiques.
On remarquera que les réserves quant à cette intégration n'ont pas évoluée : pas d'obstacle qui se soit révélé rédhibitoire pas de gêne qui se soit effacée.

2) Valuez les assertions suivantes : *Pour vous, l'arrivée des calculatrices graphiques nécessite de profondes évolutions pour :…*

Stagiaire Sa



Stagiaire Sb



Leurs opinions identiques sur les deux premier points expriment d'une part que le professeur ne peut ni doit ignorer le phénomène calculatrice, d'autre part le souci très fort (et maintes fois mentionné pendant le stage) d'éviter les exercices où la calculatrice pourrait masquer la compétence réelle des élèves ou biaiser les exercices.

Sa et Sb , comme la plupart des stagiaires, sont trop néophytes pour une critique des programmes (il attendrons, comme leurs aînés, leur première réforme !).

Une nette évolution se manifeste par contre en se qui concerne les séances , tant dans la forme que dans le contenu.

Évolution des pratiques :

Avez vous, avec vos classes, avant et après votre stage, fait une ou des séances intégrant des calculatrices ?

	avant	**après**	**commentaires**
Stagiaire Sa	non	non	pas de possibilités d'exploitation de la calculatrice dans les petites classes
Stagiaire Sb	non	oui	- priorités dans un calcul - règle des parenthèses - limites de la calculatrice

V Conclusions

Sa :

«N'ayant que des classes de 5ème, je n'ai guère pu mettre en pratique les utilisations de la calculatrice auxquelles j'ai assisté lors du stage . La forme et la conduite d'un débat permettant l'avancement du cours m'a fortement intéressé car je suis très sensibilisé à ce style de pédagogie»

Rappelons que Sa a effectué son stage dans un collège où l'équipement informatique était complet et très accessible; il a d'ailleurs rédigé un mémoire sur ce thème.

Sb :

«Durant le stage, j'ai assisté à des séances intégrant l'utilisation de calculatrices pour représenter des fonctions, des termes de suites. Cela m'a permis de voir comment l'utiliser en lycée. Je pense que si j'avais des classes de lycée, je chercherais d'avantage comment l'utiliser avec mes élèves.»

Positif, inexpérimenté, il n'en reste pas moins que Sb a osé plusieurs séances devant la classe qui lui était confiée. Il semblerait que d'avoir assisté à ce type de séance à dédramatisé et crédibilisé ce type de cours.

V. 2 . Stagiaires dans une classe expérimentale.

Depuis deux ans, un des membres de l'équipe de recherche, L. Trouche, exerce dans des conditions particulières : dans le cadre d'une expérimentation IREM-CRDP, tous les élèves de sa Terminale S disposent d'une calculatrice symbolique TI-92, qui leur est prêtée pour l'année. Les cours de mathématiques se déroulent dans un " environnement calculatrice" : une calculatrice rétroprojetable constitue une référence commune pour tous les élèves (cf. [Trouche, 1997]).

Les professeurs stagiaires Sc et Sf ont suivi cette classe, dans le cadre de leur stage de pratique accompagnée. L'étude de leurs évolutions peut ainsi apporter d'utiles indications quant l'effet du milieu sur les évolutions des professeurs.

On trouvera ci-après :
- une présentation de Sc et Sf ;
- une description des conditions dans lesquelles le stage s'est déroulé ;
- un compte rendu, pour chacun d'entre eux, de leur première et de leur dernière intervention dans la classe expérimentale ;
- le bilan qu'ils tirent de leur stage.

Présentation des deux stagiaires

On trouvera dans les pages qui suivent un bilan partiel du questionnaire d'Octobre 96.

- Sc. apparaît " non expérimenté-non positif " :

- il a seulement une calculatrice 4 opérations, pendant ses études de la seconde à l'université. Il ne l'utilise pas, sauf rarement pour les opérations élémentaires. De toutes façons, il dit ne pas la connaître du tout ;
- même s'il dit que les calculatrices sont un atout pour l'enseignement des mathématiques et que le professeur doit l'intégrer dans son cours, il dit qu'il ne fera cette année **aucune** activité dans ses classes ni avec une calculatrice scientifique, ni avec une calculatrice graphique. Pour les années suivantes, il ne sait pas...

- Sf. peut être considéré comme " expérimenté- positif " :

- au collège, il a déjà une calculatrice programmable ; dès la classe de première, il possède une calculatrice graphique et à l'université une HP réalisant du calcul formel (il dit la connaître assez bien). Par ailleurs, il possède un ordinateur et a déjà manipulé des logiciels de mathématiques (Cabri géomètre). Il dit utiliser beaucoup sa calculatrice en général. Il mentionne utiliser régulièrement le tracé de courbes, les calculs approchés sur les fonctions et rarement toutes les autres possibilités.
- il répond oui à toutes les questions du tableau III.1 (relatif aux calculatrices graphiques, outil pour la classe). Il estime que comportement du professeur et les programmes doivent réellement changer. Toutefois, il ne sait pas trop s'il est envisageable pour lui cette année de réaliser des activités spécifiques avec des calculatrices, en tout cas certainement pas avec des calculatrices graphiques (il a en responsabilité des classes de collège). Pour plus tard, la réponse est oui.

Sc (" non expérimenté-non positif ")

Bilan partiel du questionnaire d'octobre 1996

Nom de la calculatrice possédée actuellement	Type de calculatrice				Utilisation			
	S	P	G	F	Be	Ré	Ra	Pa
	X						X	

Estimez-vous connaître la dernière calculatrice en votre possession :
Très bien ❒ Assez bien ❒ Un peu ❒ Pas du tout ■

La généralisation des calculatrices graphiques :	Tout à fait	Oui	Très peu	Pas du tout
a. est un "atout" pour l'enseignement des mathématiques		X		
b. rend les élèves plus autonomes				X
c. permet de développer un débat scientifique dans la classe autour de conjectures, de preuves, de réfutations			X	
d. en facilitant certaines procédures, empêche certains apprentissages élémentaires. Si oui, dans quel domaine ?		X		

La généralisation des calculatrices graphiques nécessite une modification profonde de l'enseignement des mathématiques du point de vue...	Tout à fait	Oui	Très peu	Pas du tout
- du comportement du professeur		X		
- des exercices donnés		X		
- du déroulement du cours				X
- de l'organisation de la classe				X
- du programme lui même				X

Qu'est ce qui, d'après vous, a eu ou aura beaucoup d'influence sur l'enseignement des mathématiques :

La généralisation des calculatrices scientifiques (4 opérations) ❒
La généralisation des calculatrices programmables ■
La généralisation des calculatrices graphiques ■
La généralisation des calculatrices réalisant du calcul formel ❒
Aucun de ses outils n'influence réellement l'enseignement des mathématiques ❒

Cette année, dans vos classes :

Envisagez-vous de réaliser des activités spécifiques intégrant les calculatrices ?
Oui ❒ Non ■ Je ne sais pas ❒
Envisagez-vous de réaliser des activités spécifiques intégrant les calculatrices graphiques ?
Oui ❒ Non ■ Je ne sais pas ❒
Envisagez-vous d'utiliser une calculatrice rétroprojetable ?
Oui ❒ Non ■ Je ne sais pas ❒
Seriez-vous intéressés par le prêt d'un matériel permettant ce type d'activités (rétroprojecteur, lot de calculatrices graphiques...)
Oui ❒ Non ■ Je ne sais pas ❒

Plus tard, dans vos classes :

Envisagez-vous de réaliser des activités spécifiques intégrant les calculatrices ou les calculatrices graphiques et d'utiliser une calculatrice rétroprojetable ?
Oui ❒ Non ❒ Je ne sais pas ■

Sf (" expérimenté-positif ")

Bilan partiel du questionnaire d'octobre 1996

Nom de la calculatrice possédée actuellement	Type de calculatrice				Utilisation			
	S	P	G	F	Be	Ré	Ra	Pa
HP				X	X			

Estimez-vous connaître la dernière calculatrice en votre possession :
Très bien ❐ Assez bien ■ Un peu ❐ Pas du tout ❐

La généralisation des calculatrices graphiques :	Tout à fait	Oui	Très peu	Pas du tout
a. est un "atout" pour l'enseignement des mathématiques		X		
b. rend les élèves plus autonomes		X		
c. permet de développer un débat scientifique dans la classe autour de conjectures, de preuves, de réfutations		X		
d. en facilitant certaines procédures, empêche certains apprentissages élémentaires. Si oui, dans quel domaine ?		X		

La généralisation des calculatrices graphiques nécessite une modification profonde de l'enseignement des mathématiques du point de vue...	Tout à fait	Oui	Très peu	Pas du tout
- du comportement du professeur		X		
- des exercices donnés			X	
- du déroulement du cours			X	
- de l'organisation de la classe			X	
- du programme lui même		X		

Qu'est ce qui, d'après vous, a eu ou aura beaucoup d'influence sur l'enseignement des mathématiques :

La généralisation des calculatrices scientifiques (4 opérations) ■
La généralisation des calculatrices programmables ■
La généralisation des calculatrices graphiques ■
La généralisation des calculatrices réalisant du calcul formel ❐
Aucun de ses outils n'influence réellement l'enseignement des mathématiques ❐

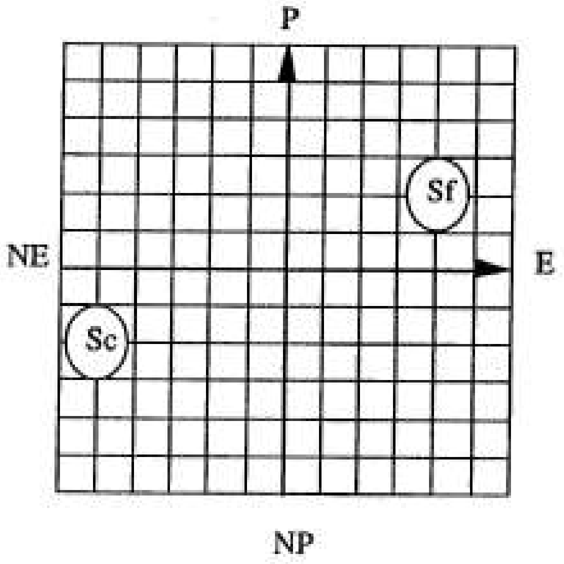
Cette année, dans vos classes :

Envisagez-vous de réaliser des activités spécifiques intégrant les calculatrices ?
Oui ❐ Non ❐ Je ne sais pas ■
Envisagez-vous de réaliser des activités spécifiques intégrant les calculatrices graphiques ?
Oui ❐ Non ■ Je ne sais pas ❐
Envisagez-vous d'utiliser une calculatrice rétroprojetable ?
Oui ❐ Non ❐ Je ne sais pas ■
Seriez-vous intéressés par le prêt d'un matériel permettant ce type d'activités (rétroprojecteur, lot de calculatrices graphiques...)
Oui ❐ Non ■ Je ne sais pas ❐

Plus tard, dans vos classes :

Envisagez-vous de réaliser des activités spécifiques intégrant les calculatrices ou les calculatrices graphiques et d'utiliser une calculatrice rétroprojetable ?
Oui ■ Non ❐ Je ne sais pas ❐

Avec les conventions de codage spécifiques pour les stagiaires de collège (cf. V.1.), on obtient pour Sc et Sf la localisation ci-dessous :



Description des conditions de stage.

Les deux professeurs ont eu à leur disposition une TI-92 pendant toute la durée de leur stage. Des documents leur ont été donnés [32] pour faciliter leur familiarisation avec l'outil. Ils ont eu un délai de 3 semaines avant leur première intervention en classe. Cependant les conditions de leur intervention n'ont pas été tout à fait les mêmes :

- pour des raisons d'incompatibilité d'emplois du temps, Sc n'a pu assiter qu'à très peu de cours de la classe expérimentale. Il a donc assuré l'essentiel de son stage dans les cours de soutien qui sont dispensés aux élèves de Terminale du lycée Joffre le Mercredi après-midi. Une TI-92 rétro-projetable était présente mais les élèves, issus de différentes classes, ne disposaient eux-mêmes que de calculatrices graphiques "ordinaires" ;
- Sf au contraire a pu suivre assez régulièrement les cours de la classe expérimentale et y est intervenu lui-même a deux reprises.

A la suite de leur stage en pratique accompagnée, Sc et Sf ont choisi tous deux de conserver la calculatrice symbolique qui leur avait été prêtée, pour une utilisation éventuelle dans leur classe en responsabilité.

Description du compte rendu de stage

On trouvera, pour chacun des deux stagiaires, une description commentée de leur première et de leur dernière intervention dans la classe expérimentale ou dans un goupe de soutien. Les commentaires ont été aussi donnés au stagiaire concerné et étaient destinés à un retour critique sur le cours "en environnement calculatrice", permettant d'éventuels ajustements.

La comparaison de la séance initiale et de la séance finale permet de mesurer les évolutions de chacun.

Enfin on donnera le bilan que tirent Sc et Sf de leur stage, et les réponses qu'ils apportent au questionnaire de fin d'année (identique à celui qui a été proposé aux 5 stagiaires de l'échantillon observé (cf. IV. 3.)).

---

[32] En particulier les documents relatifs au bilan de l'expérimentation CRDP/IREM : *Enseigner les mathématiques en TS avec des calculatrices graphiques et formelles*, cf. bibliographie en fin de volume.

Sc
première intervention.

(séance de soutien, Mercredi 12 Février, 14h-15h).

Ces heures de soutien sont ouvertes aux élèves volontaires des TS de Joffre, qui s'inscrivent pour une série de 8 séances. 10 élèves sont présents. Chaque séance dure deux heures. La première heure est assurée par le tuteur de stage, elle est consacrée aux nombres complexes et aux dénombrements. La TI-92 est dans ce cadre utilisée plusieurs fois. Elle restera en place pour la deuxième heure.

La deuxième heure, consacrée à l'analyse, est assurée par Sc. Le ton du professeur est particulièrement serein, les explications données sont claires. Le professeur circule entre les tables, envoie des élèves régulièrement au tableau. La TI-92 ne sera utilisée qu'une fois, en fin de séance.

N.B. Le bilan qui suit est rédigé par le professeur tuteur qui observe la séance. Il est donné ensuite au professeur stagiaire et sert de base à la discussion, une semaine après.

Exercice 1. Prouver, pour tout x positif et tout entier n supérieur ou égal à 2, l'inégalité : $x^n - 1 \geq n(x-1)$.

Le professeur sollicite les idées des élèves.

P : Comment peut-on prouver cette inégalité ?

E : On regroupe tout dans un membre...

P : Tu proposes une méthode classique, que l'on utilise en seconde et première ; personne n'a une autre idée ? Qu'est-ce qu'on peut utiliser en Analyse pour prouver une inégalité ? Quel théorème avez-vous vu cette année qui aboutit à une inégalité ?

E (après un long silence) : L'inégalité des accroissements finis...

P : En effet. Et pour le choix de la fonction, je vous mets sur la voie : je vous donne la fonction $f(t) = t^n$.

Quelques remarques sur le début de la séance :

- pourquoi ne pas accepter la première suggestion, quitte à comparer ensuite les méthodes de type algébrique (reposant par exemple sur l'utilisation de la somme des termes d'une suite géométrique), celles reposant sur une étude de fonctions ou sur l'inégalité des accroissements finis ?
- le choix de l'inégalité des accroissements finis étant fait, pourquoi indiquer tout de suite la fonction en cause ? Ne s'agit-il pas là d'une pression trop forte, visant à promouvoir une méthode parmi d'autres ?
- pourquoi ne pas avoir abordé graphiquement la question, avec l'aide de la TI-92 rétroprojetable: il s'agissait finalement d'étudier la position d'une fonction convexe par rapport à sa tangente. L'étude des fonctions de référence **$x^n - 1$ et $n(x-1)$** aurait permis aussi d'élargir le problème (pourquoi considérer $n \geq 2$, alors que le cas $n=1$, trivial, était le cas charnière entre des fonctions convexes et concaves, pourquoi ne considérer que x positif, alors que la prise en compte des négatifs faisait intervenir, pour n entier, des considérations relatives à la parité de n...). Bref, le graphique, donnant une interprétation simple de l'inégalité, renvoyait en retour d'autres questions assez riches (cf. page suivante).

Puis le professeur interroge la classe :

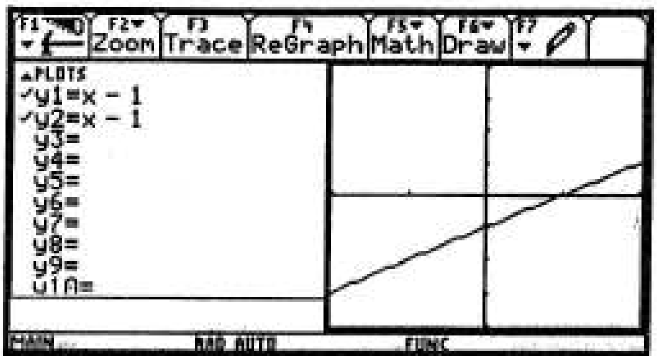
P : qui connaît l'inégalité des accroissements finis?

Les élèves ne se précipitent pas pour répondre. Finalement, une élève se propose, passe au tableau et suggère le théorème suivant :

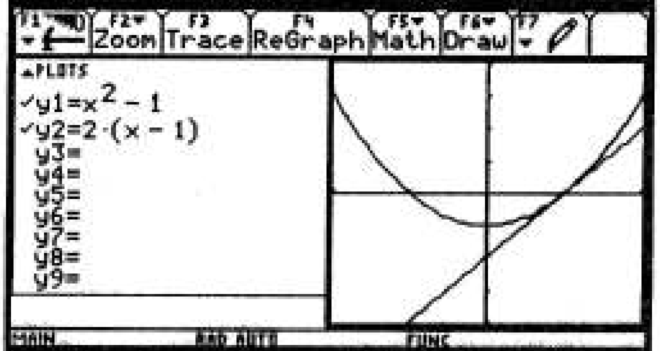
f étant une fonction dérivable définie sur $I = [m, M]$, le théorème des accroissements finis permet d'écrire, pour deux réels de I, $m \leq \dfrac{f(a)-f(b)}{a-b} \leq M$.

Comparaison graphique de x^n -1 et n(x-1)

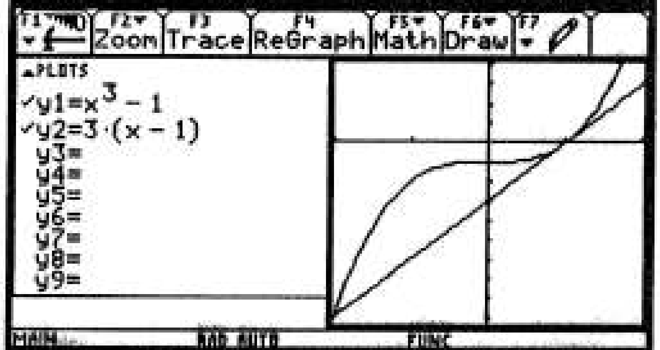
n=1



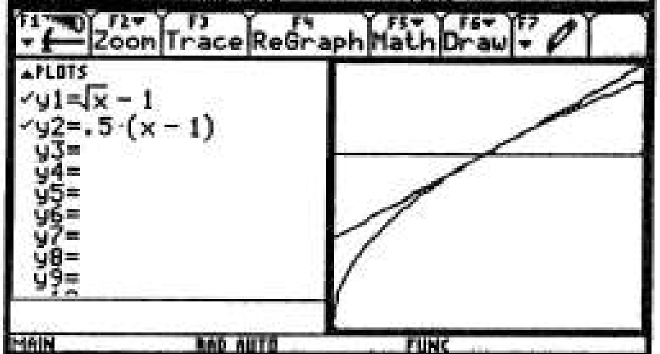
n=2



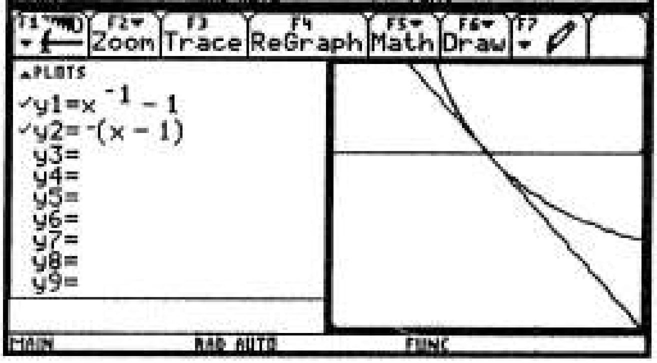
n=3



n=0,5



n=-1



Après une discussion de type privé avec l'élève au tableau, Sc rectifie le théorème, en précisant que a et b sont les bornes de l'intervalle en question et que la dérivée sur cet intervalle est encadrée par m et M. Le théorème devient alors :

f étant une fonction dérivable définie sur I = [a, b], et la dérivée de f sur I étant comprise entre m et M, le théorème des accroissements finis permet d'écrire, pour deux réels de I, $m \leq \frac{f(a)-f(b)}{a-b} \leq M$.

Ce théorème restera inscrit pendant toute la durée de l'exercice au tableau.

Dans une séance de soutien, il était bien sûr important d'insister sur un théorème fondamental du cours d'analyse. Quelques remarques cependant :

- n'aurait-il pas été plus intéressant de relancer la discussion avec toute la classe, plutôt que de la mener avec un élève seul au tableau ;
- n'aurait-on pas pu présenter une forme plus cohérente du théorème : si l'inégalité s'applique pour tous réels de I (ce qui est vrai), il aurait fallu préciser x et y, x < y, et écrire l'inégalité pour x et y (a et b ne sont alors qu'une particularisation du théorème) ;
- n'aurait-on pas pu suggérer une interprétation graphique de cette inégalité pour donner un sens (ce qui faisait visiblement défaut à l'élève) aux objets en présence ?

Une fois le théorème établi, Sc propose de l'appliquer à la fonction puissance, en suggérant de distinguer deux cas : $x \leq 1$ et $x \geq 1$.

Encore des remarques :

- pourquoi distinguer, a priori, deux cas de figure ? Cette distinction ne pouvait prendre son sens que par rapport aux configurations mises en évidence (cf. page précédente), x=1 étant le point de contact, c'est à dire le seul point, sur $\mathbb{R}+$, où on avait l'égalité ;
- même si cette mise en perspective n'etait pas faite, n'aurait-il pas été préférable de laisser les élèves appliquer l'inégalité à x et 1, pour faire apparaître la nécessaire distinction des deux cas ?

L'exercice est alors fini sans peine. Il est conclu par une remarque du professeur sur l'efficacité du théorème et sur la nécessité de mémoriser cette technique d'établissement d'une inégalité (cette efficacité n'aurait-elle pas été plus convaincante s'il y avait eu comparaison à d'autres méthodes, étude des variations des fonctions, factorisation...).

L'utilisation de l'inégalité des accroissements finis est immédiatement réinvestie dans l'exercice qui suit.

Exercice 2. Prouver que pour tout n entier naturel on dispose de l'inégalité :

$$\frac{1}{2\sqrt{n+1}} \leq \sqrt{n+1} - \sqrt{n} \leq \frac{1}{2\sqrt{n}}.$$

En déduire une majoration de l'erreur effectuée en remplaçant $\sqrt{4\,000\,001}$ par 2000.

Une remarque à nouveau sur la limitation de l'énoncé (pourquoi choisir n entier ?) et sur l'absence de toute illustration graphique (ni au tableau, ni avec calculatrice).

Les élèves trouvent rapidement la fonction et les nombres a et b à choisir. Ils ont davantage de mal à encadrer la dérivée. Avec l'aide du professeur, l'exercice est corrigé au tableau. L'inégalité obtenue appliqué à la majoration de l'erreur.

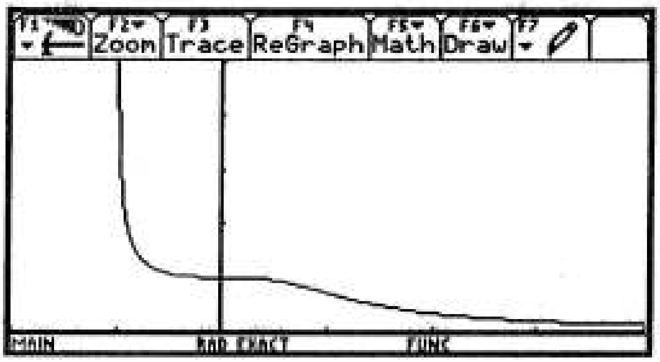
Une dernière remarque, liée aux observations numériques : pourquoi ne pas avoir contrôlé avec la calculatrice la valeur approchée donnée ? Cela aurait donné un contrepoint utile au calcul théorique.

Exercice 3. Etude de la famille de fonctions définies sur [-1, +∞[par $f_0(x) = \dfrac{1}{\sqrt{1+x^3}}$

et pour n entier strictement positif par $f_n(x) = \dfrac{x^{3n}}{\sqrt{1+x^3}}$.

L'étude théorique de f_0 est faite avant toute observation graphique. Une étude soignée des limites est réalisée (sans allusion aux conséquences graphiques en terme d'asymptotes). Le calcul de la dérivée est peut-être mené un peu vite, alors que le calcul des dérivées de fonctions composées n'est pas évident : plusieurs élèves semblent bloqués. Puis l'étude du signe de la dérivée permet de dresser le tableau de variation de la fonction.

En fin d'heure, le professeur utilise la calculatrice rétroprojetable :
- cela lui permet de récupérer le point 0 où la dérivée s'annule, chose qui n'avait pas été mise en évidence par l'étude théorique ;
- le professeur s'étonne de ne pas voir tracée l'asymptote x=-1.



La séance s'achève par la demande faite aux élèves d'achever l'étude de la famille de fonctions pour la semaine suivante.

Remarques :

- l'utilisation du graphique au début ou en cours de calcul (et pas seulement à la fin de l'étude...) n'aurait-elle pas pu être envisagée ?. Sur ces questions de famille de fonctions, le travail de conjectures n'est-il pas intéressant à organiser (quelles sont les propriétés communes des éléments de la famille, les points d'intersection, etc.) ?
- n'aurait-il pas été utile de montrer que les variations de f_0 pouvaient s'obtenir par simple recours aux variations des fonctions connues et de leurs composées ? Cette construction d'éléments de référence est sans doute essentielle dans ces séances de soutien ;
- la surprise devant l'absence d'asymptote n'aurait-elle pas pu se prolonger par une question posée à la classe, permettant de mettre en évidence les problèmes de discrétisation d'un écran graphique ?

Ces différentes remarques peuvent se regrouper en une observation plus globale : ne faudrait-il pas favoriser des aller-retours entre étude théorique et conséquences graphiques ou numériques, entre calculs, observations et utilisation de résultats de référence, entre conjectures et réfutations qui fondent une démarche scientifique ?

C'est sur ce point que se conclut l'entretien de bilan qui suit la séance et qui permet de préparer les interventions ultérieures du professeur stagiaire dans la classe.

5c
dernière intervention.

(séance de soutien, Mercredi 2 Avril, 13h-15h).

Cette séance se déroule en l'absence du conseiller pédagogique. Le professeur stagiaire assure donc seul cette séance de deux heures. Il ne dispose pas du dispositif de rétroprojection, mais de sa seule calculatrice TI-92. 10 élèves sont présents. Ce faible effectif permet de faire circuler la TI-92 dans la classe, pour observation des résultats et comparaison avec les calculatrices graphiques des élèves.

Le compte-rendu ci-dessous repose sur les notes du professeur stagiaire et sur l'entretien de bilan de la séance qui a eu lieu le lendemain.

La séance est consacrée à un travail de révision sur les limites de suites. Elle débute par une question générale : de quels outils dispose-t-on ? Les élèves viennent de commencer ce chapitre. Le professeur évoque donc rapidement les théorèmes sur les opérations et les théorèmes d'encadrement, avant d'aborder des exercices d'application. Il y a ici un progrès par rapport aux premières séances : la mise en évidence des différentes méthodes d'étude d'un problème (ici les limites de suites) est en effet très utile, en particulier pour les élèves en difficulté mathématique.

Exercice 1. Soit la suite (u_n) définie pour n strictement positif par $u_n=\frac{1}{n(n+1)}$.

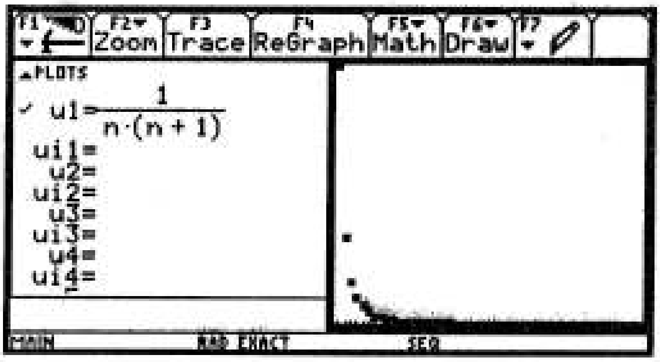
a) Calculer sa limite.

b) Déterminer deux nombres réels a et b tels que $u_n = \frac{a}{n} + \frac{b}{n+1}$;

c) En déduire une expression simple de $S_n = u_1 + u_2 + u_3 + ...u_n$;

d) Calculer la limite de S_n.

Le professeur suggère d'observer le comportement de la suite à partir d'une représentation graphique fournie par la TI-92. La calculatrice circule dans la classe. Les élèves s'avèrent incapables d'utiliser leurs propres calculatrices pour cette étude. Le professeur s'avoue incapable de les aider.



Conjecture : la suite converge vers 0. Ce résultat est établi en utilisant les résultats de référence et les opérations sur les limites ($\frac{1}{n}$, $\frac{1}{n+1}$).

La deuxième question est traitée rapidement par identification :

$\frac{1}{n(n+1)} = \frac{a}{n} + \frac{b}{n+1} = \frac{(n+1)a+nb}{n(n+1)}$; d'où a = 1, a+b = 0, d'où b = -1.

Pour le calcul de la somme S_n, le professeur laisse venir les propositions des élèves :

- ceux-ci suggèrent d'abord l'application de la formule "somme des termes d'une suite géométrique". Le professeur demande quelle est la raison d'une telle suite : cela permet de constater que la suite n'est pas géométrique et que ladite formule ne s'applique donc pas ;
- d'autres élèves suggèrent alors d'appliquer la décomposition obtenue précédemment, qui permet des simplifications en chaîne. L'écriture des premiers termes permet l'émergence de la conjecture $S_n = 1 - \frac{1}{n+1}$, qui est prouvée par récurrence.

La limite de S_n est alors obtenue sans peine. L'exercice s'achève par une observation graphique sur la TI-92.

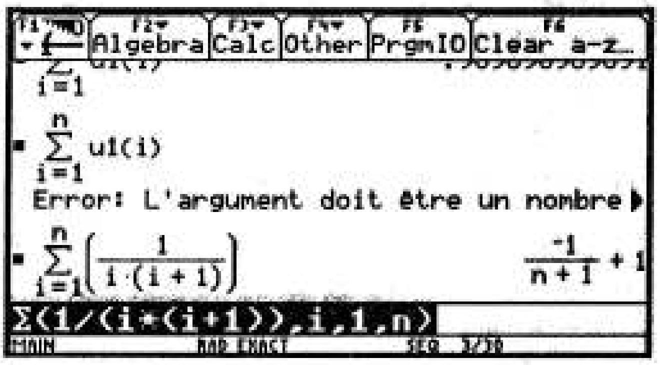
<u>Remarques.</u>

1. La comparaison du traitement de cet exercice avec celui des exercices de la première séance montre une réelle évolution :
- organisation de phases d'observation pour favoriser des conjectures ou permettre des vérifications partielles ;
- utilisation dans ce cadre de l'application graphique de la calculatrice ;
- acceptation des différentes suggestions d'élèves pour en évaluer la pertinence (cf. la somme des termes d'une suite géométrique).

2. La conduite de la classe révèle aussi des difficultés :
- savoir utiliser sa propre calculatrice ne permet pas automatiquement de savoir utiliser les différentes calculatrices des élèves...
- l'utilisation de la TI-92 est réduite à la seule observation graphique (pas de tableaux de valeurs pour la description de la suite, pas d'utilisation des commandes algébriques pour la décomposition en éléments simples de la fraction rationnelle, pas d'utilisation du signe somme pour obtenir une formule synthétique de S_n (cf. ci-dessous). Mais cette utilisation "transversale" de la TI-92 nécessite sans doute une expertise plus grande, d'autant plus grande que, dans ces séances de soutien les élèves disposent de modèles différents de calculatrice.

Cette formule synthétique ne pouvait d'ailleurs pas être obtenue à partir du fichier de suite (qui fonctionne hors calcul symbolique, uniquement en calcul approché).

Elle était pas contre obtenue par reécriture symbolique de la suite dans l'application initiale.



- il n'est pas évident de toujours songer à la diversité des méthodes de résolution d'exercices, mêmes élémentaires. Ainsi le calcul des coefficients a et b pouvait se mener autrement que par identification : de l'égalité $\frac{1}{n(n+1)} = \frac{a}{n} + \frac{b}{n+1}$, on pouvait, par multiplication par n et passage à la limite, obtenir $a+b = 0$. On pouvait aussi, en prenant $n = 1$, obtenir $\frac{1}{2} = a + \frac{b}{2}$. Il suffisait de vérifier alors que les seules valeurs possibles $a = -b = 1$ convenaient bien ;
- enfin le travail de conjectures, heureusement mené pour la première recherche de limite, aurait aussi pu se mener pour celle de S_n (avant de mettre cette suite sous la forme $1 - \frac{1}{n+1}$). Il aurait été sans doute utile de demander aux élèves ce que, d'après eux, peut être la limite d'une somme de n termes qui tendent vers 0. C'est ce type de recherche qui permet de débusquer illusions et idées fausses, nombreuses sur les questions de limite...

Ces progrès et ces difficultés vont être confirmés par le traitement de l'exercice suivant, lui aussi relatif aux suites.

Exercice 2. Soit la suite (u_n) définie par $u_0 = 2$ et $u_{n+1} = 3u_n + 2$ et la suite (s_n) définie par $s_n = u_n + 1$.
a) Démontrer que (s_n) est une suite géométrique dont on précisera la raison et le premier terme ;
b) Exprimer (s_n) puis (u_n) en fonction de n ;
c) Calculer la limite de la suite (u_n).

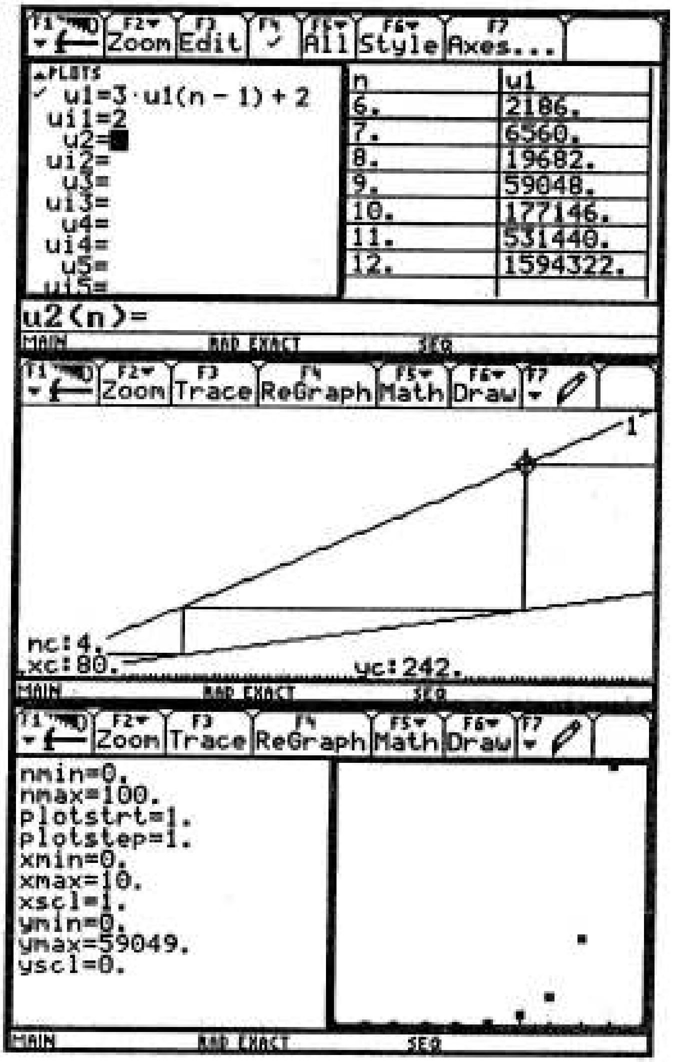
L'imbrication entre les deux suites n'est pas simple : un élève déclare d'ailleurs qu'il ne comprend rien aux suites, ce qui amène le professeur à reprendre une explication générale sur les suites comme applications particulières qui associent, à tout entier, un réel. Le professeur signale dans son bilan que "les élèves se perdent un peu dans la manipulation des deux suites, mais finalement trouvent le résultat".

Le professeur rappelle au passage la définition des suites géométriques et le passage "naturel" de la définition récurrente au calcul du terme général d'une telle suite. Il rappelle les théorèmes généraux qui donnent, quand elle existe, la limite d'une suite géométrique. On le voit, ici aussi a été perdue l'occasion d'une observation du comportement de la suite (u_n) qui fasse apparaître naturellement sa relation avec une suite géométrique de raison 3.

On voit ci-contre à quel point l'utilisation des différentes applications de la TI-92 permettait ces changements de points de vue. Un tableau de valeur confirme ce que l'expression même de la suite indiquait déjà : on passe d'un terme à l'autre, "en gros", par une multiplication par trois.

La construction de la suite par appui sur la droite d'équation
$y = 3x + 2$ donne un autre angle de vue pour le même phénomène.

Enfin l'utilisation du graphe $(n, (u_n))$ induit l'idée d'une croisance exponentielle de la suite, et donc un rapport assez proche avec une suite géométrique.



Une telle observation pouvait fonder alors la recherche d'un réel k tel que (u_n+k) soit une suite géométrique. La construction d'une nouvelle suite, comme outil pour exprimer plus facilement la première, prend alors tout son sens.

La séance de soutien s'achève ainsi de façon beaucoup plus "formelle" que ce qu'elle n'avait commencé. Il y a bien sûr des raisons à cela : le professeur en charge de la classe est pour la première fois absent, la deuxième heure est en général plus pénible que la première. La fatigue avançant, les bonnes résolutions s'émoussent, et les vieilles habitudes reviennent.

Il est en tout cas frappant de voir que l'utilisation de la calculatrice est chaque fois liée à une façon de travailler donnant plus de part à l'initiative, à la réflexion propre des élèves.

Sc

Bilan tiré par Sc de son stage dans la classe (Avril 1997).

Remarques sur un cours s'appuyant sur l'utilisation de la calculatrice.

Dans la classe, l'utilisation de la calculatrice est systématique et peut même apparaître comme un point d'appui. Malheureusement, je n'ai pas pu assister à beaucoup d'heures de cours [33].

Néanmoins, ce que j'ai pu y observer m'inspire quelques réflexions.

La première est d'ordre personnel, puisqu'il s'agit d'une confrontation entre ce nouveau type de cours et l'enseignement qui m'a été dispensé en Terminale (en un temps -1986- où la calculatrice se réduisait aux quatre opérations, au calcul des logarithmes, exponentielles, puissances. Il est frappant de voir à quel point la représentation graphique intervient désormais <u>dans</u> la résolution du problème alors qu'elle était systématiquement reléguée <u>à la fin</u> du problème, à mon époque. J'ai longtemps appréhendé les exercices d'un point de vue formel uniquement, négligeant toute compréhension visuelle des phénomènes.

Ainsi peut émerger le point fort de la TI-92 : favoriser la compréhension et l'intelligibilité d'un phénomène, légitimer les "conjectures" que les calculs viennent confirmer par la suite. Ceci permet de se rapprocher des procédés de recherche des mathématiciens : construire autour d'une ou plusieurs idées...

La deuxième réflexion est d'ordre didactique. L'utilisation de la machine peut permettre d'évincer des difficultés techniques du programme : beaucoup d'élèves dérivent ou intègrent péniblement des fonctions un peu compliquées. L'allégement des tâches techniques peut permettre de se concentrer sur le sens des notions abordées.

Cette notion de sens transparaît davantage lorsque, au bout de quelques manipulations, on est confronté aux "limites" de la TI-92 ou aux apparences trompeuses de certains phénomènes. Le regard critique qu'il faut alors est doublement pédagogique : il éveille la curiosité, moteur de l'effort, et, de plus, il permet d'organiser et de structurer ses propres connaissances. L'aspect théorique, dont on aurait pu croire qu'il allait perdre de son importance, est d'autant plus sollicité.

Enfin, on ne saurait trop louer l'introduction d'un tel outil dans une discipline générale, outil dont l'usage est systématique dans le monde professionnel.

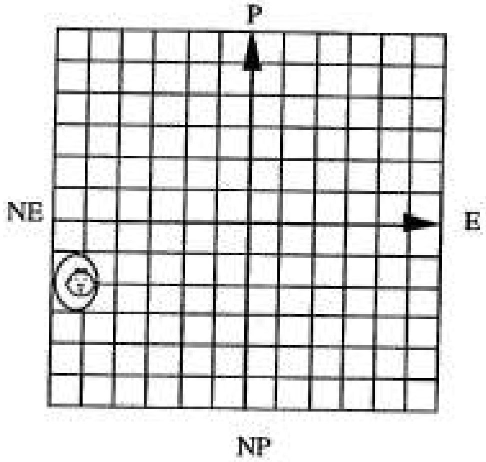
<u>Remarque</u> : ce professeur a utilisé par ailleurs la TI-92 en collège, dans une classe de quatrième, pour une activité de factorisation. La calculatrice, laissée à un groupe de 4 élèves plutôt actifs (mais en difficulté mathématique) a été intégrée sans difficulté apparente en guise de vérificateur.

Par ailleurs ce professeur a choisi de garder la TI-92 jusqu'à la fin de l'année. Il lui a été proposé d'emprunter éventuellement une tablette de rétroprojection.

---

33 Du fait de l'incompatibilité entre les emplois du temps de l'IUFM, du stagiaire et du conseiller pédagogique.

Sc (" non expérimenté-non positif ")
Bilan en Juin 97



On donne ici les réponses au questionnaire de fin d'année, le même que celui qui a été donné aux stagiaires de l'échantillon "niveau 1" (cf. IV. 3.). On pourra ainsi comparer les effets éventuels des différents contextes d'enseignement.

Rappelons que ce professeur, après avoir effectué son stage dans une classe expérimentale en TS, n'a pu utiliser la TI-92 qui lui était prêtée que dans les classes de collège qu'il avait en responsabilité. Il a alors utilisé cette calculatrice à l'occasion de **6** séances. Ce nombre est à rapprocher des séances réalisées par le stagiaire NE/NP de l'échantillon "niveau 1" (0 séance, cf IV. 3.) et du nombre de séances réalisées par les stagiaires E/P en lycée (3 ou 4). Il témoigne d'une évolution très importante des conceptions relatives au travail dans un environnement calculatrice.

Ce professeur s'estime *"plus sensibilisé aux aspects/conséquences graphiques d'un problème d'analyse"*, ce qui correspond au bilan qu'il tirait à la fin de son stage en pratique accompagnée (cf. page précédente).

Il estime être devenu plus performant dans sa pratique TI-92 et envisage explorer plus avant ce type de travail.

La généralisation des calculatrices graphiques :

	Octobre 96				Mars 97				
	Pas du tout	Très peu	Oui	Tout à fait	0	1	2	3	4
a. est un "atout" pour l'enseignement des mathématiques			X			O			X
b. rend les élèves plus autonomes	X					O			X
c. permet de développer un débat scientifique dans la classe autour de conjectures, de preuves, de réfutations		X			O				X
d. en facilitant certaines procédures, empêche certains apprentissages élémentaires. Si oui, dans quel domaine ?			X				X		O

Rappel : pour le questionnaire de Mars 97, O indique l'opinion que l'on imagine avoir eue en début d'année, X indique l'opinion actuelle.

Ce professeur a un souvenir assez précis de ses conceptions en début d'année. Celles-ci ont fortement évolué en cours d'année. Il note dans ses commentaires : *"c'est au professeur de gérer l'utilisation de la calculatrice lors des apprentissages élémentaires"*.

La généralisation des calculatrices graphiques nécessite une modification profonde de l'enseignement des mathématiques ...

	Octobre 96				Mars 97				
	Pas du tout	Très peu	Oui	Tout à fait	0	1	2	3	4
a. dans le comportemet du professeur			X		O				X
b. dans les exercices donnés			X		O				X
c. dans le déroulement du cours	X				O				X
d. dans l'organisation de la classe	X				O			X	
e. dans le programme lui-même	X						⊗		

L'évolution est ici aussi considérable. Sc note que *"le professeur doit introduire l'utilisation de la machine à des moments clés du cours ou des exercices"*, il doit donner *"des exercices bien choisis pouvant mettre à défaut la calculatrice"*. Il note que *"l'utilisation des calculatrices permet de donner un sens à des notions abstraites, de visualiser un problème d'analyse"*, *"qu'elle permet de "canaliser les énergies : il est plus facile de manipuler une calculatrice que de tracer une figure ou un graphe"*.

De cette évolution témoigne aussi le nombre de séances traitées avec l'appui de la calculatrice TI-92 (cf. ci-dessous) :

n° séance	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
type de séance	Module	Module	Classe	Module	Module	Module
type de situation	Régul.	Régul.	Régul.	Régul.	Régul.	Régul.
type de notion :	Fonc	Fonc	Fonc/GA	Fonc/GA	Fonc/GA	Num/GA
protocole : Rétro-prof						
Retro-élève						
Calc -élève						
Groupe						

Dans ses commentaires, Sc note que *"le nombre de séances a été insuffisant pour apprivoiser ce nouvel outil pédagogique (du point de vue de l'enseignant)"* (ce qui est cohérent avec l'intention annoncée d'explorer plus avant cet outil) et que *"le fait que les élèves ne disposent pas d'une telle calculatrice est assez réducteur"*. La comparaison est ici faite avec la classe expérimentale dans laquelle Sc avait effectué son stage, et dont tous les élèves était pourvu d'une TI-92 ; les conditions de travail étaient évidemment tout à fait différentes.

Le tableau ci-dessus fait apparaître plusieurs éléments intéressants :

- la TI-92 a été utilisée dans des situations de régulation, pour résorber les difficultés de certains élèves, et en général dans des groupes de module. Elle est ainsi associé à une pédagogie différenciée, à une réflexion sur les méthodes de résolution des problèmes ;
- on remarque dans les thèmes évoqués que la calculatrice a été utilisée quatre fois sur six dans une interaction entre deux cadres (fonctions/géométrie analytique ou activités numériques/géométrie analytique), ce qui témoigne d'une appropriation des potentialités de l'outil.

Sf
première intervention.

(séance d'exercices, Jeudi 6 Février, 11h-12h).

Premier contact avec la classe (et avec une classe de lycée en tant que professeur). La difficulté est renforcée par le fait que cette classe travaille dans un environnement TI-92. Les élèves sont donc davantage familiarisés avec la calculatrice que le professeur.

Il s'agit ici d'une séance d'exercices sur les complexes (les écritures algébriques et exponentielles ont été vues), censée préparer le bac blanc du Lundi 10 Février.

Les exercices 1, 4 et 5 ont été choisis par Sf, les exercices 2 et 3 ont été proposés par le tuteur (l'exercice 2 car il met la TI-92 "en difficulté", l'exercice 3 parce qu'il prépare un exercice proche du bac blanc).

Une observation préalable : Sf annonce qu'il a recherché dans les livres de Terminale des dizaines d'exercices, mais que tous ceux-ci devenaient triviaux dès lors qu'ils étaient traités avec TI-92. Ceci appelle deux remarques :

- la recherche d'exercices semble donc avoir été faite davantage par rapport à la calculatrice que par rapport au programme qu'ils étaient censés illustrer ;

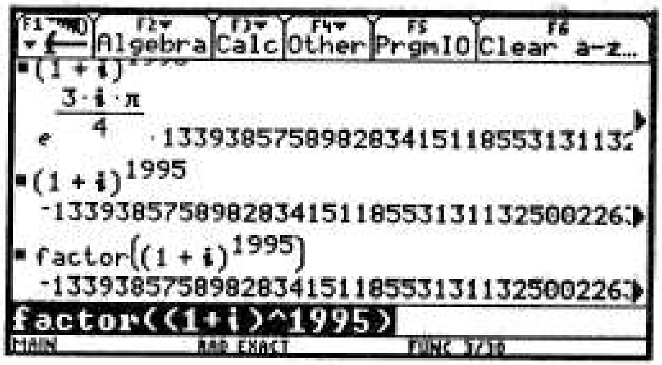
- pour Sf, le fait que la calculatrice donne la réponse semble enlever l'intérêt propre de l'exercice. Il reste cependant le problème de l'itinéraire à trouver pour amener à cette réponse, bref, de la preuve et du contrôle du résultat machine, ce qui présente bien un intérêt mathématique en soi.

Remarque d'organisation : comme d'habitude, c'est un élève de la classe qui manipule la calculatrice rétroprojetable. Il a été choisi aujourd'hui par le professeur tuteur un élève relativement expert, pour ne pas rajouter des difficultés techniques inutiles. Il n'en demeure pas moins que la responsabilité de la gestion de cette calculatrice revient au professeur.

Exercice 1. Calculer $(1+i)^{1995}$.

La question est posée à la classe. Comment trouver ce résultat ?

Sf propose de considérer d'abord le résultat machine, en mode polaire, puis algébrique. L'écriture de la réponse est évidemment très longue. Un élève propose l'utilisation de la commande Factor, mais celle-ci ne permet aucune simplification apparente. Sf propose alors de passer à une étude théorique.

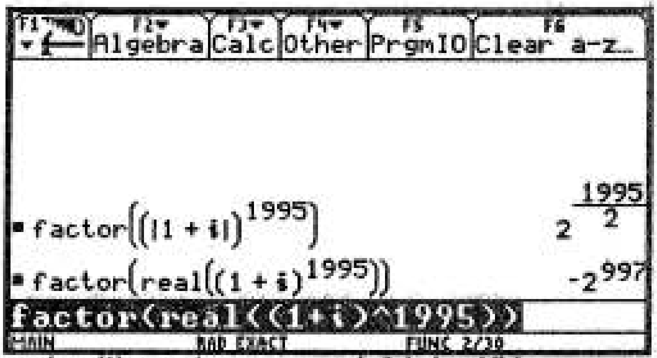


On passe donc à l'étude théorique. Des élèves évoquent la possibilité de faire apparaître $(1+i)^2$, égal à 2i, ce qui permet de réduire l'expression. Sf refuse cette piste en disant qu'il resterait à régler $(1+i)^{1993}$, ce qui ne ferait que déplacer le problème.

<u>Premières remarques :</u>

- la calculatrice est prise en compte, mais très rapidement : le résultat fourni sur l'argument est peu exploité et Sf abandonne vite les recherches de simplification de résultat. Cette simplification pouvait pourtant être obtenue en ne demandant la factorisation que du module (en écriture polaire) ou en demandant la factorisation de la partie réelle (en écriture algébrique), comme on le constatera sur l'écran ci-dessous.

Y penser aurait nécessité une meilleure connaissance de la calculatrice (sans doute difficile à ce stade du stage) ou la relance de la question vers les élèves ("quelqu'un a-t-il une idée pour obtenir la simplification de ce résultat ?").



- le refus de la piste proposée par des élèves n'est pas tout à fait justifié ; on pouvait en effet exploiter le résultat concernant $(1+i)^2$, en écrivant : $(1+i)^{1995} = [(1+i)^2]^{997}.(1+i) = -2^{997}.(1- i)$.

Retour à la résolution de l'exercice. Sf propose la méthode du développement utilisant le binôme de Newton (qu'il appelle méthode 1). Il écrit l'expression synthétique de ce développement et met en évidence le caractère "ingérable" de ce calcul. Il propose alors une méthode 2, basée sur l'écriture polaire de (1+i). Le module est donné par un élève, un argument est donné par le professeur après un calcul rapide du sinus et du cosinus.

Le professeur écrit alors successivement au tableau, en justifiant sommairement chaque transformation :

$1+i = \sqrt{2}\, e^{i\pi/4}$

$(1+i)^{1995} = (\sqrt{2})^{1995}\, e^{i1995\pi/4}$

$(1+i)^{1995} = 2^{1995/2}\, e^{i1995\pi/4}$

$(1+i)^{1995} = 2^{997}\sqrt{2}\, e^{i3\pi/4}$

L'exercice s'achève ici, sans bilan ni prolongements.

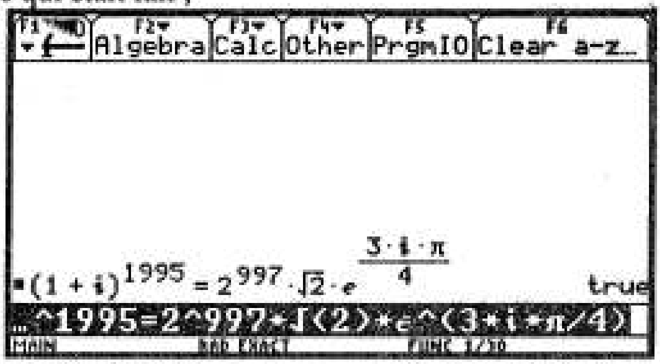
<u>Nouvelles remarques</u> :

- un dessin n'aurait-il pas pu être envisagé pour localiser de façon simple (1+i) dans le plan complexe et "visualiser" module et argument ?

- les transformations successives d'écriture ne sont-elles pas trop rapides ? La détermination de la mesure principale de l'argument en particulier est faite par recours à une ébauche du cercle trigonométrique et à des rotations figurées avec une flèche et des mouvements de bras ; n'aurait-il pas été nécessaire de compléter cette approche par une résolution d'inéquation dans $\mathbb{Z}$, du type $-\pi < \frac{1995\pi}{4} + 2k\pi \leq \pi$? Les élèves auraint ainsi eu les moyens de contrôler ce qui était fait ;

- n'aurait-on pas pu en revenir au résultat affiché par la calculatrice au départ pour identification des formes (cf. ci-contre) ?

- n'aurait-on pas pu aussi évaluer le nombre de chiffres affichés dans la forme non factorisée (pour comprendre la lenteur de l'affichage), en usant de $2^{10} \approx 10^3$?



- n'aurait-on pas pu aussi utiliser le résultat obtenu pour avoir l'écriture algébrique du nombre $(1+i)^{1995}$ et en déduire, par séparation des parties réelles et imaginaires, des égalités à partir du binôme de Newton ?

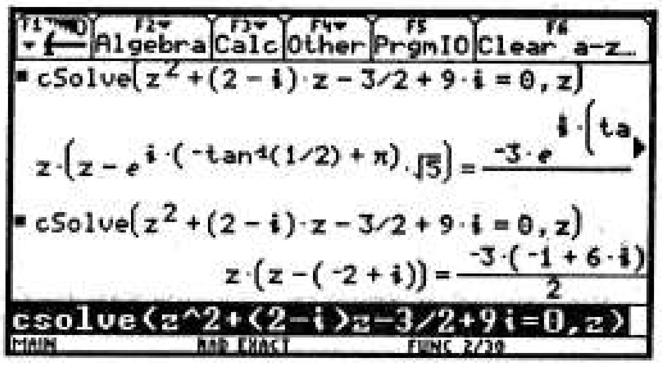
- n'aurait pas pu enfin prolonger l'exercice en demandant par exemple pour quelles valeurs de n le nombre $(1+i)^n$ serait un réel, un réel positif, un imaginaire pur...

Bref, n'aurait-il pas été préférable de s'attarder davantage sur l'exercice lui-même et d'éventuels prolongements, avant d'aborder un nouveau problème ? D'autant que, s'il s'agissait de travailler sur les écritures différentes d'un même nombre complexe, cet exercice de prêtait à de nombreux angles d'attaque..

Exercice 2. Résolution de $z^2 + (2\text{-}i)\,z - \frac{3}{2} + 9i = 0$.

Sf. propose d'abord un examen de la résolution TI-92 (en mode polaire). Il constate que "ce résultat n'est pas exploitable" (premier résultat affiché ci-dessous).

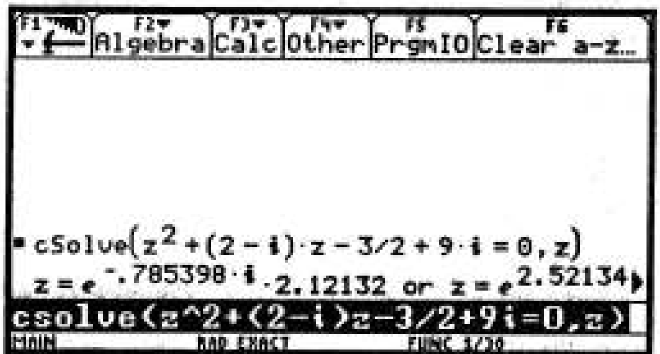
Remarque : il y a là une erreur d'interprétation du résultat affiché. En fait, la calculatrice ne résout pas l'équation, et opère un réarrangement de l'expression sous forme de factorisation partielle. Ceci se voit mieux en écriture algébrique (deuxième résultat affiché ci-contre).



Sf. propose lui-même (sans poser la question aux élèves) de passer en mode approché, et va réaliser ce passage d'abord en écriture polaire :

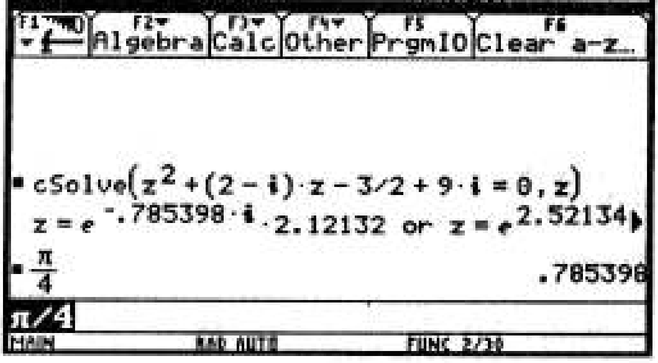
Sf. demande de localiser dans le plan complexe la première solution proposée, à partir de son module et de son argument.

Les élèves voient difficilement à quel angle peut correspondre -0,785398. Sf suggère une comparaison à π.



Une comparaison avec une valeur approchée de $\frac{\pi}{4}$ est faite (cf. ci-contre).

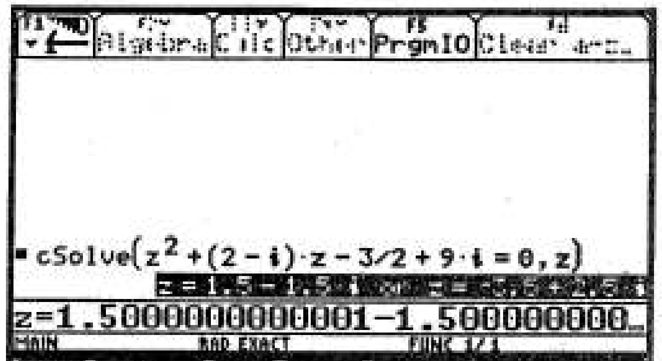
Cette comparaison permet, par identification de l'argument avec $\frac{\pi}{4}$, de localiser dans le plan les images des valeurs approchées de la première racine.



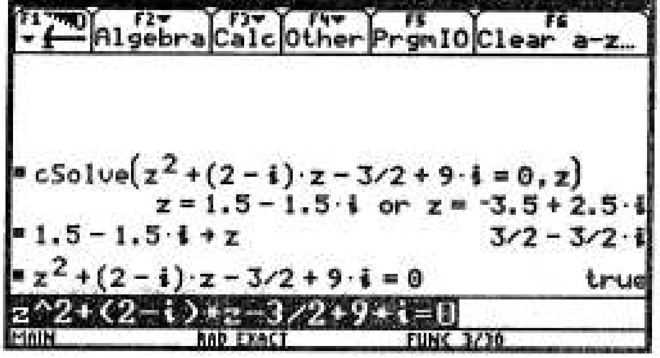
Remarque : l'idée d'une comparaison à π est bonne mais les conclusions tirées de la comparaison des valeurs approchées ne sont-elles pas qu'ambigües : de l'identité de valeurs approchées, peut-on en déduire l'égalité des valeurs exactes ?

Sf propose ensuite une résolution en calcul approché et en écriture algébrique.

Apparemment, la calculatrice donne comme solution 1,5 - 1,5i. Si on y regarde de plus près (cf. ci-dessus), on remarque que les valeurs approchées proposées ont en fait une écriture décimale plus longue.



Le professeur suggère que 1,5 - 1,5i est peut-être une valeur exacte. Il propose de tester cette valeur en mode exact : c'est bien une des racines cherchées (cf. ci-contre).



C'est ici un moment très intéressant : l'utilisation du calcul approché pour "forcer la résolution", le travail de conjecture puis la vérification en mode exact. Le reproche que l'on peut faire est ici le rythme imposé à la classe. Si l'on va trop vite, on perd la richesse pédagogique de tous ces changements de registre et on peut accréditer, pour les élèves distraits, quelques idées fausses : en particulier que la valeur exacte s'obtient par arrondi des valeurs approchées données par la machine.

Le professeur se lance alors dans la résolution algébrique de l'équation. Le discriminant de l'équation est calculé. Il s'agit alors de déterminer ∂ tel que $\partial^2 = 9 - 40i$. Il sollicite la classe. Un élève propose une solution inattendue (il s'agit de mettre en oeuvre la méthode de "début du carré", infructueuse ici) : Sf. accepte de l'envisager, l'élève passe au tableau. L'impasse de ce type de calcul apparaît. L'élève reste au tableau pour traiter l'exercice avec l'aide du professeur. Les deux valeurs possibles pour ∂ sont trouvées. Le professeur dit : "on prend n'importe laquelle des deux". Les deux racines sont calculées. Fin de l'exercice.

<u>Remarques :</u>

- la discussion entre l'élève et le maître aurait pu être renvoyée vers la classe : la discussion au tableau entre les deux protagonistes reste "privée". Les enjeux de la méthode-élève proposée n'apparaissent pas. La résolution est comprise globalement par la classe, sauf un point qui reste obscur : pourquoi peut-on choisir indifféremment une des deux valeurs pour ∂ ?
- après mise en évidence des deux solutions, il n'y a pas de retour vers les valeurs approchées proposées par la calculatrice en écriture polaire et algébrique, et pas de retour vers les images dans le plan complexe.

Apparaît ici l'extrême complexité de la TI-92 qui permet de traiter les éléments de $\mathbb{C}$ en écriture algébrique ou exponentielle, en calcul exact ou approché. Cette complexité peut constituer une richesse, elle présente aussi des dangers : en voulant aborder le problème sous tous ses angles, le professeur peut être conduit à brûler les étapes. Du coup le fil conducteur du problème disparaît, et la complexité agit comme obstacle à la compréhension pour la majorité des élèves. Ce risque est sans doute démultiplié lorsque le professeur ne domine pas l'instrument : celui-ci peut alors capter l'intérêt du professeur au détriment du suivi des élèves.

Exercice 3 : Factoriser dans R le polynôme x^4+1.

L'exercice démarre "à la main". Un élève lève le doigt : il passe au tableau. Il propose une factorisation du type $(x^2+\frac{1}{2})^2 -1$. Le professeur montre les erreurs et réoriente l'élève vers une factorisation (appelée méthode 1) du type $(x^2+1)^2 -2x^2$, qui aboutit au résultat souhaité $(x^2 + x\sqrt{2} +1)(x^2 - x\sqrt{2} +1)$. Le professeur conclut cette méthode en disant "là, on ne peut pas aller plus loin".

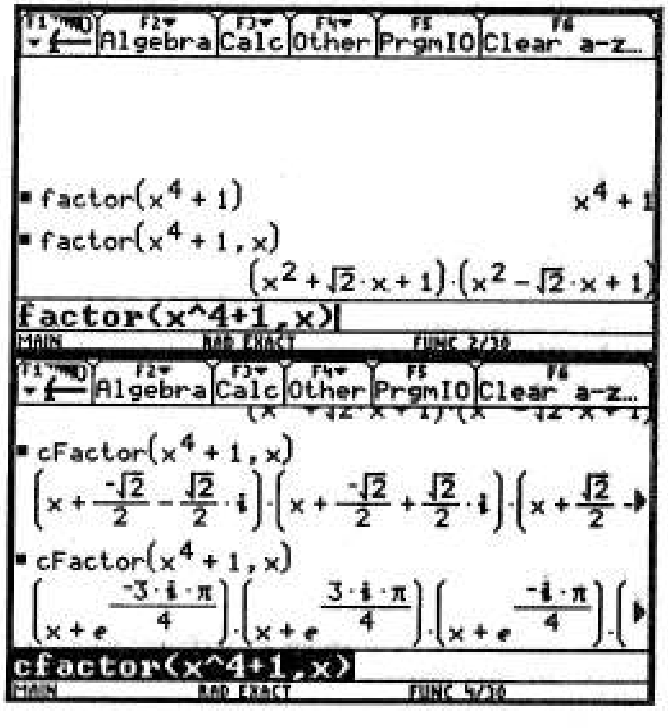
Remarques :

- Le professeur lance l'exercice sans appel aux prérequis pour les élèves (cours de 1ère : la factorisation peut partir d'une problématique de recherche de racines, ce qui était un départ intéressant ici...) ;
- l'exercice est traité ici sans aucune utilisation de la calculatrice (ni au début, ni à la fin). De nombreux élèves dans la classe utilisent la TI-92, mais Sf ne le remarque pas. Une hypothèse explicative : il y a eu un très gros effort pendant la première partie de l'heure de prise en compte de l'outil de calcul, il se produit ici maintenant une sorte de relaxation de ce point de vue, une respiration nécessaire pour le maître d'oeuvre de la séance.

On notera cependant que l'utilisation de la calculatrice donnait des résultats intéressants (cf. ci-contre).

Les résultats diffèrent, suivant que l'on demande une factorisation réelle brutale (sans indication de variable) une factorisation réelle en précisant la variable...

... une factorisation complexe en écriture algébrique, ou une factorisation complexe en écriture polaire (cf. ci-contre).



- la prise en compte des méthodes proposées par les élèves, leur infléchissement vers une solution correcte, sont de très bonnes choses. Mais on en reste encore beaucoup trop à un dialogue, entre le professeur et l'élève au tableau, coupé de la classe ;
- il aurait fallu justifier pourquoi on ne pouvait pas aller plus loin dans la factorisation, ce qui nous ramène à la remarque de départ (les connaissances antérieures des élèves sur les rapports factorisation/racines, en particulier dans le cas des trinômes du deuxième degré).

Le professeur y vient d'ailleurs, en proposant une deuxième méthode, par recherche des racines dans C de l'équation $x^4 = -1$. Sf déclare que l'écriture algébrique n'est pas bonne ici et écrit x sous la forme $re^{i\theta}$. L'identification avec $-1 = e^{i\pi}$ donne rapidement le module égal à 1 et les quatre arguments possibles. Les solutions sont placées sur le cercle trigonométrique, Sf constate qu'on peut les regrouper sous la forme a, b, $\bar{a}$ et $\bar{b}$. Il en déduit une factorisation $(x-a)(x-\bar{a})(x-b)(x-\bar{b})$ puis, par développement partiel des deux premiers facteurs et des deux derniers, obtient le résultat voulu.

Remarques. On observe ici une sorte d'emballement de la correction. Les calculs sont écrits vite (et sont assez peu lisibles...) dans un coin du tableau. Á un élève se plaignant de la difficulté de lecture, le professeur répond : *"tu développes, c'est même pas la peine que ce soit lisible"*. Un élève demande : *"comment sait-on que les racines sont conjuguées ? Par rotation ?"*; Sf. répond : *"pas la peine, c'est un simple jeu d'écriture"*.

A évoquer ces "jeux d'écriture", n'y a-t-il pas un risque que le sens de ce qui est fait échappe aux élèves ? Le passage décisif entre la recherche des racines et la factorisation n'est pas explicité, cette lacune notée au départ pèse sur tout le déroulement de l'exercice.

Sf. n'a pas comparé les deux méthodes mises en oeuvre. Un élève demande : *"comment sait-on quelle est la meilleure méthode ?"*. Sf reprend la balle au bond : *"cela dépend du polynôme... Essayez avec x^6+1, pour la prochaine fois"*.

A partir de là (il est 12h05), on peut estimer que l'essentiel de la classe a beaucoup de mal à suivre ce qui est fait. Deux exercices seront cependant encore traités sans doute trop rapidement.

Exercice 3 : montrer que si trois complexes de module 1 ont pour somme 1, alors la somme de leurs inverses est aussi égale à 1.

La résolution, proposée par le professeur, repose sur un jeu d'écriture (elle semble n'avoir pas été suivie par la plus grande partie de la classe).

N'aurait-il pas été intéressant de donner un contenu géométrique au problème : les trois complexes en question ont leur image sur le cercle trigonométrique. Le passage à leurs inverses s'obtient pas symétrie par rapport à l'axe des abscisses. Le problème revient à dire que si le centre de gravité du triangle est le point $(0,\frac{1}{3})$, alors le centre de gravité du triangle image de celui-ci par réflexion d'axe x'x est le même point.

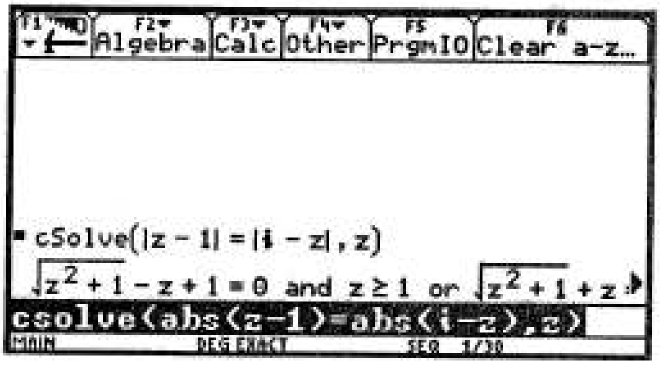
On pouvait aussi élargir la question, en demandant quelle autre valeur pouvait prendre la somme des trois complexes (tout réel compris entre -3 et 3).

Exercice 4 : quel est l'ensemble des points d'affixe z tels que $|z - 1| = |i - z|$.

L'exercice 4 reprend un exercice déjà traité en classe. La résolution (algébrique, ou par recours à des distances dans le plan) est davantage suivie par les élèves.

À cette occasion la calculatrice est à nouveau mise à contribution, après une demi heure de silence.

Mais le temps presse, ce qui fait que les réponses de la machine ne sont pas analysées : Sf. indique seulement que la calculatrice refuse de résoudre l'équation.



N'aurait-il pas été important d'indiquer ici les ambiguités du traitement des complexes par le logiciel : il traite z comme un réel (cf ci-dessus). Il ne se contente donc pas de ne pas résoudre l'équation : il déforme celle-ci !

Le volume de ce compte rendu de leçon est en lui-même un bilan : on imagine les efforts nécessaires à un bon élève pour comprendre, comparer, mémoriser les différents résultats, les différentes méthodes. La vitesse de résolution a laissé dans l'ombre de nombreux problèmes théoriques, issus des calculs à la main ou des réponses de la TI-92. N'aurait pas mieux valu traiter les seuls trois premiers exercices ?

Et pour cela, une préparation plus serrée n'aurait-elle pas été nécessaire autour des questions clefs :
- de quels connaissances théoriques disposent les élèves ?
- quels sont les objectifs de chaque exercice ?
- quels problèmes, théoriques et techniques, peut poser (ou résoudre...) la calculatrice ?

C'est d'une telle trame qu'il faudrait disposer pour les séances suivantes.

Quelques observations de portée plus générale

On peut avancer peut-être quelques hypothèses à propos de l'effet d'un "environnement calculatrice" sur les pratiques professionnelles d'un enseignant débutant :

- il n'est pas certain que cet environnement soit la cause déterminante de certains travers constatés dans cette séance (rapidité de traitement des exercices, survol des stratégies différentes, non recollement des différents points de vue, ignorance des toiles de fond théoriques). En effet, alors que l'exercice 3 s'est déroulé hors instrument, il a révélé les mêmes carences ;

- il semble cependant que la présence d'un instrument accentue certains de ces défauts, en particulier la rapidité de traitement et le survol non argumenté de certaines pistes. Si on estime en effet qu'une telle rapidité de traitement est le signe d'une absence de maîtrise des situations de classe (elle évite d'avoir à prendre en compte les questions, les erreurs, les incompréhensions des élèves), on peut admettre que la présence d'un instrument, ajoutant un élément de complexité, participe de cette sorte de fuite en avant.

Cependant, l'effet de "l'environnement calculatrice" n'est pas unilatéral : dans la mesure où tous les élèves disposent d'un point de vue différent à partir de leur propre calculatrice, ils peuvent poser des questions non prévues par le maître (on l'a vu à plusieurs reprises pendant la séance décrite [34]). Cela entraîne des déséquilibres qui peuvent déboucher sur une prise en compte des interrogations ou sur une nouvelle fuite. La tentation naturelle pour le professeur est de traiter la question dans un cadre privé avec l'élève, tentation encouragée par le caractère "intime" des écrans de calculatrice. Reformuler la question pour en faire un enjeu pour toute la classe nécessite une maîtrise technologique, mathématique et psychologique...

[34] Il faut prendre en compte le fait que l'enseignement ordinaire dans cette classe est organisé autour d'un "débat scientifique" qui promeut largement les conjectures, la comparaison des méthodes. Les questions des élèves ne sont donc pas "naturelles", mais le fruit d'un certain type d'enseignement. Rien ne dit que le seul "environnement calculatrice" suffit à développer ce type de questions.

Sf dernière intervention.

(Cours, Jeudi 27 Mars, 10h-12h).

Il s'agit ici de la séance d'introduction du cours sur l'intégrale. Sf. s'est largement inspiré du document "Enseigner en TS avec des calculatrices graphiques et symboliques" (Volume 1, page 21). Il y a des différences importantes entre le contexte dans lequel ce cours avait été élaboré et le contexte de ce cours-ci :

- le cours présenté dans le document a été élaboré pour une classe découvrant la TI-92 par un professeur connaissant assez bien cet instrument ;

- le cours reproduit par le professeur stagiaire s'adresse à une classe manipulant la TI-92 depuis 6 mois, alors que lui même ne l'a découverte que depuis un mois.

On notera dans ce qui suit les conséquences de ces différences de contexte.

L'élève qui est responsable de la calculatrice rétroprojetée est particulièrement habile, ce qui entraînera, comme on le verra ci-dessous, quelques surprises pour le professeur en charge de cette séance.

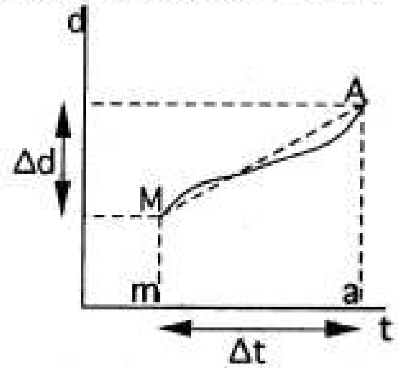
Sf. écrit le plan de la leçon au centre du tableau. Il sera donc rapidement effacé. De manière générale, le professeur a du mal à faire cohabiter au tableau la structure permanente de la leçon (le plan, les principaux résultats), les calculs provisoires et l'image rétroprojetée de la TI-92. On pourrait sans doute dire plus justement que la rétroprojection de la calculatrice apporte un élément de complexité supplémentaire à la gestion de l'espace habituel du professeur au tableau, gestion déjà assez délicate en elle-même.

Le cours sur l'intégrale est introduit par deux développements :

1. Sur le rapport entre vitesse, distance et temps.

Sf. organise sur ce point un échange avec la classe assez bien structuré.

La distance parcourue étant exprimée en fonction du temps par une fonction d(t), la vitesse moyenne entre les points M et A est définie par le rapport $\frac{\Delta d}{\Delta t}$. C'est aussi la pente de la corde (M, A).

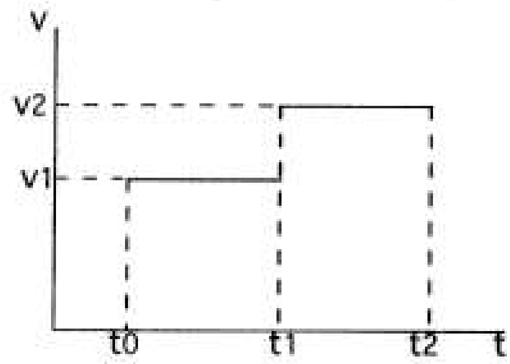


On peut, si la fonction d est dérivable en m, définir aussi une vitesse instantanée en m, c'est d'(m). C'est aussi la pente de la tangente à la courbe en M

Comment faire si la vitesse est définie en fonction du temps et si on veut connaître la distance parcourue ?

Si la vitesse est constante ou constante par intervalles, pas de problème de calcul. La distance parcourue entre les temps t_0 et t_2 est égale à :

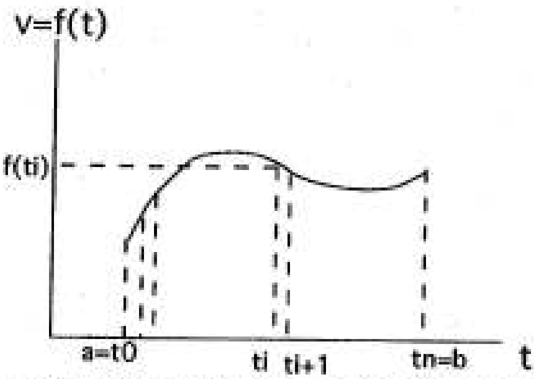
$d = v_1 (t_1 - t_0) + v_2 (t_2 - t_1)$.



Que se passe-t-il si la vitesse n'est pas constante par intervalle, c'est-à-dire dans le cas général ?

On pourrait alors subdiviser l'intervalle [a, b] en n intervalles de même amplitude. Sur l'intervalle $[t_i, t_{i+1}]$, une valeur approchée de la distance parcourue est alors égale à :

$d_i = f(t_i)\ (t_{i+1} - t_i)$. On aurait alors une valeur approchée de la distance parcourue entre a et b en sommant toutes les valeurs approchées obtenues sur chacun des intervalles élémentaires.



On peut alors imaginer une situation de même nature que pour la dérivation : que se passe-t-il si le nombre de subdivisions tend vers +∞, c'est à dire si l'amplitude des intervalles de temps élémentaires tend vers 0 ?

Intuitivement, on peut alors imaginer que la somme considérée, si elle admet une limite, va tendre vers l'aire de la surface "entre la courbe et l'axe des abscisses", et que ce nombre définira la distance parcourue entre a et b.

Premières conclusions, après cette présentation :

- on savait que v = d'(t). L'expression de la distance en fonction de la vitesse nous ramène aussi au calcul infinitésimal ;

- de la même façon que la dérivation était liée à l'objet géométrique "tangente à une courbe", l'opération infinitésimale "inverse" semble être liée à l'objet géométrique "aire d'une surface".

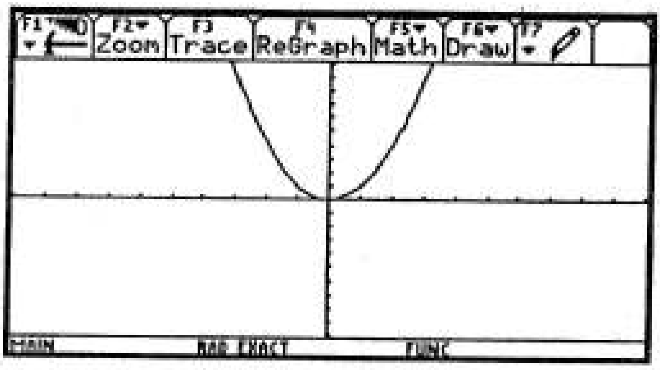
2. Sur le calcul d'une aire par recours au calcul infinitésimal.

La possibilité de calculer une aire de cette façon va être testée ici, par un exercice qui fera utilement appel aux suites. On veut calculer l'aire A de la surface délimitée par la parabole d'équation $y = x^2$, l'axe des abscisses, et la droite d'équation $x = 1$.

Sf. demande à l'élève en charge de la calculatrice de faire apparaître la courbe.

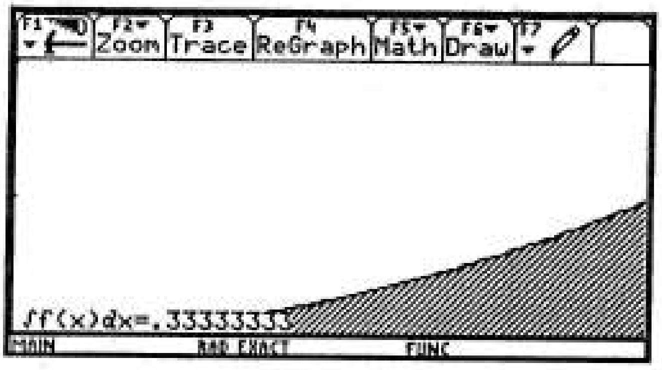
La courbe apparaît sur une fenêtre "standard".

Le professeur suggère d'adapter le cadrage sur l'intervalle d'étude [0, 1] pour les x, et sur les y positifs puisque c'est la fonction "carré" que l'on étudie ici (il aurait pu aussi évoquer le fait que la fonction est croissante sur R+, ce qui aurait permis un ajustement plus fin !).



Moment très intéressant ici : l'élève fait apparaître la courbe et, ce qui n'était pas prévu, a recours à la commande "intégrale" dans le Menu F5 ("Math.") qui hachure la surface correspondante et donne une valeur approchée de l'intégrale cherchée.

Cela prouve qu'il y a eu une appropriation par cet élève de l'outil qui dépasse ce qui a été vu en classe.



Le professeur réagit à ce résultat imprévu :

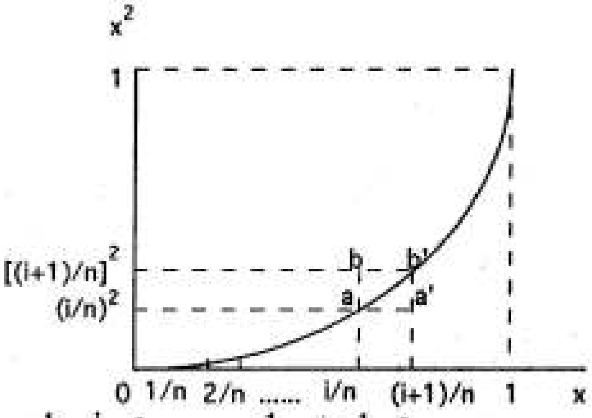
- il explique que la calculatrice dispose d'une commande spécifique qui permet de réaliser à la fois le hachurage de la surface et le calcul approché de l'aire correspondante, et que cette commande sera présentée plus tard (cela n'empêche pas plusieurs élèves de chercher à reproduire sur leur calculatrice ce qui apparaît sur l'écran...) ;
- il note que la calculatrice propose 0,333.333.33 et que le calcul qui va suivre permettra de confirmer ou d'infirmer ce résultat.

Deux remarques sur cette réaction :
- du point de vue didactique, le professeur réalise là une rupture de contrat. Il est admis dans la classe que la calculatrice rétroprojetée sert de modèle à la classe. Chaque élève est donc censé obtenir sur sa TI-92 les mêmes résultats que ceux qui sont affichés. D'où les efforts de certains élèves qui enfreignent les consignes de Sf. pour respecter le contrat ordinaire et leur légitime curiosité...
- du point de vue de l'exercice lui-même, Sf n'exploite peut-être pas autant qu'il aurait été possible le résultat apparu à l'écran. Il aurait pu demander ce que la valeur approchée donnée suggérait ("ne serait-ce pas $\frac{1}{3}$?", ce que d'ailleurs plusieurs élèves dans la classe ont induit assez imprudemment...) ; il aurait pu demander aussi si ce résultat était raisonnable relativement à la surface hachurée.

Cette utilisation non prévue de la calculatrice rétroprojetée par un élève a produit une certaine rupture dans le cours du professeur. Celui-ci cependant reprend habilement le contrôle de la situation : il utilise les hachures apparues sur l'écran de la calculatrice pour induire une stratégie de calcul de l'aire par une subdivision de l'intervalle [0, 1] en n intervalles de même amplitude.

Il choisit ainsi une subdivision de l'intervalle [0, 1] en n intervalles d'amplitude égale à $\frac{1}{n}$.

Le nombre A cherché peut être encadré par deux nombres :
- S_n est la somme des aires des rectangles qui bordent la courbe "par en dessous" ;
- T_n est la somme des aires des rectangles qui bordent la courbe "par en dessus".



On a alors $S_n = \frac{1}{n}.0 + \frac{1}{n}.(\frac{1}{n})^2 + ... + \frac{1}{n}.(\frac{i}{n})^2 + ... + \frac{1}{n}.(\frac{n-1}{n})^2 =$

$\frac{1}{n}.[(\frac{1}{n})^2 +... + (\frac{i}{n})^2 + ... + (\frac{n-1}{n})^2] = \frac{1}{n^3}(1^2 + 2^2 + ... + i^2 + ... + (n-1)^2).$

De la même façon, par simple décalage, on obtient :

$T_n = \frac{1}{n^3}.(1^2 + 2^2 + ... + i^2 + ... + n^2).$

D'où l'encadrement $S_n < A < T_n$, c'est-à-dire :

$\frac{1}{n^3}.(1^2 + 2^2 + ... + i^2 + ... + (n-1)^2) < A < \frac{1}{n^3}.(1^2 + 2^2 + ... + i^2 + ... + n^2).$

Sf. : vous avez vu en classe une expression synthétique pour la somme des premiers carrés. Quelqu'un s'en souvient-il ?

Personne n'a gardé le souvenir du résultat établi en classe 2 mois plus tôt. Les élèves, assez naturellement, utilisent leur calculatrice pour retrouver ce résultat.

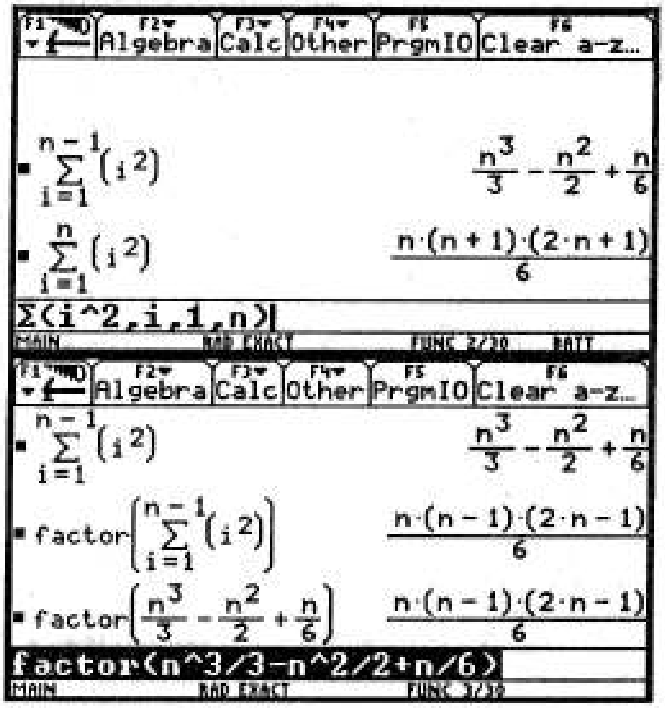
Sf. demande à l'élève en charge de la rétroprojetable de réaliser le calcul avec la TI-92. Pour cela, il déroule l'écran de projection qui va ainsi cacher la partie du tableau sur laquelle les calculs étaient faits à la craie. Il devient difficile alors d'organiser la confrontation des calculs "à la main" et des calculs/machine. La manoeuvre qui vient de se dérouler traduit peut-être une logique de substitution : on laisse tomber le calcul "à la main" pour le calcul/machine sans évoquer des méthode possibles de calcul théorique.

L'organisation du travail instrumenté est cependant bien conduite. Sf. évoque la nécessité de contrôler les résultats apparus :

- par référence aux résultats établis en cours (un élève qui a retrouvé le cours correspondant l'atteste) ;
- par croisement des résultats de la TI-92, en comparant les formules proposées pour l'ordre n et l'ordre n-1.

Sf. note que les formules dont difficilement comparables : l'une est développée, l'autre factorisée.

Il suggère de factoriser la formule obtenue à l'ordre n-1, en soulignant deux façons de faire (cf. ci-contre). Les formes factorisées permettent alors une comparaison des résultats.



Il y a là un réel progrès dans la prise en compte de l'outil de calcul par rapport à la première séance conduite par Sf. : des procédures de contrôle interne ou externe sont installées.

Les résultats obtenus permettent une nouvelle écriture de l'encadrement :

$$\frac{1}{n^3}\cdot\left(\frac{n^3}{3}-\frac{n^2}{2}+\frac{n}{6}\right) < A < \frac{1}{n^3}\ \frac{n\,(n+1)\,(2n+1)}{6}.$$

Le professeur propose de rechercher la limite des deux suites encadrantes :

Sf. : on va calculer les valeurs de S_n et T_n quand n tend vers l'infini. C'est ce vers quoi va tendre la limite. On va le voir avec la TI-92.

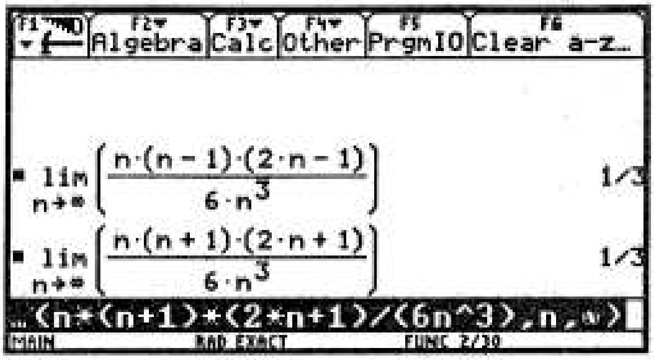
Deux remarques :

- on constate un certain relâchement de la rigueur des formulations mathématiques. On a souvent pu constater par ailleurs que le travail avec calculatrice s'accompagnait d'un langage plus proche du "langage familier" que de la langue mathématique usuelle (cf. [Trouche 1996]) ;
- Sf. propose de calculer les limites avec la TI-92. On est toujours ici dans une logique de substitution : étant donné que l'on a commencé à travailler avec la calculatrice, on continue à penser dans ce cadre... même si l'application de théorèmes élémentaires permettait de déterminer les limites cherchées !

Les élèves suivent les consignes et déterminent les limites des deux suites encadrantes avec la TI-92.

Une fois ces résultats affichés, Sf. pose la question :

Sf : aurait-on pu déterminer ces limites sans la calculatrice ?
E : la limite des termes de plus haut degré ?
Sf : en effet. Soit on évoque ce théorème, soit on contrôle avec la calculatrice...

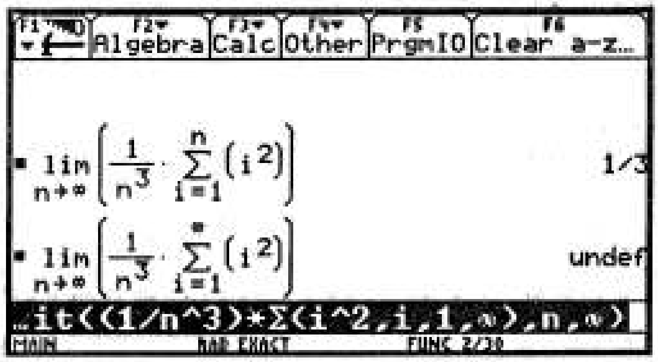


L'évocation de la validation théorique est inréressante, mais n'y a-t-il pas une certaine ambiguïté dans la répartition des tâches ("*Soit on évoque le théorème, soit on contrôle...*"). On est semble-t-il davantage dans une logique de substitution que dans une logique de confrontation.

Sf. revient d'ailleurs tout de suite au travail avec TI-92 en posant la question : aurait-on pu formuler autrement le calcul de limite ?

Sf. met en évidence certains raccourcis acceptés par la calculatrice et d'autres qui ne le sont pas.

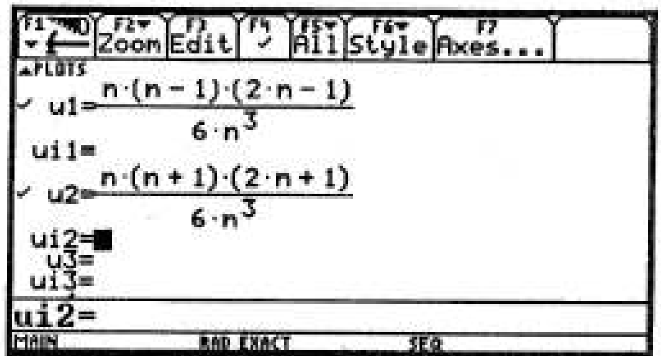
Il évoque pour expliquer le résultat "undef" les problèmes posés par la permutation des opérations de sommation et de limite. Ces considérations semblent hors de portée des élèves de la classe.



Sf. reprend le fil du problème en évoquant le théorème des gendarmes pour conclure que $A = \frac{1}{3}$. Il revient au résultat approché fourni en début de séance, en indiquant qu'il donnait déjà le résultat final. La séance s'arrête là.

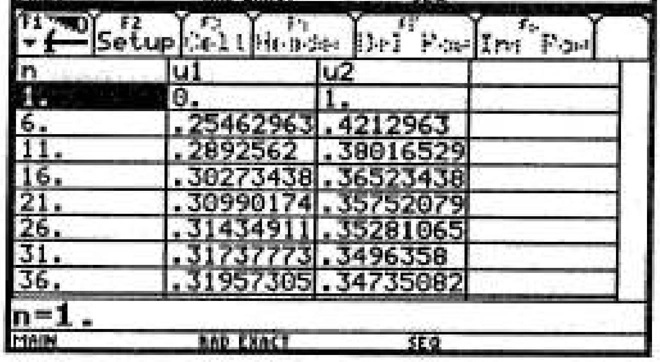
Quelques remarques :
- une ambiguïté relative au rapport calcul exact/ approché : on peut dire que le résultat approché 0,33333333 pouvait laisser penser que le résultat exact pouvait être $\frac{1}{3}$, mais on ne peut pas dire que ce résultat approché donnait le résultat exact ;
- le thèorème des gendarmes donne l'existence d'une limite d'une suite comprise entre deux suites de même limite. Mais ici c'est un <u>réel</u>, A (dont on a supposé l'existence...), qui est encadré entre deux suites. Les deux suites "encadrantes" ont même limite, $\frac{1}{3}$. Ainsi A est à la fois supérieur et inférieur à cette limite. En conséquence, $A = \frac{1}{3}$. Ainsi le théorème des gendarmes ne s'imposait peut-être pas ici ;
- on a déjà constaté la difficulté à combiner le calcul "à la main" et l'utilisation de la calculatrice. On peut constater aussi la difficulté qu'il y a, dans le cadre de l'utilisation de la calculatrice, à combiner plusieurs points de vue sur le même objet. Ainsi l'étude des suites est-elle conduite ici surtout sous l'aspect formel qui conduit à réduire l'étude au comportement local, c'est à dire à la limite des deux suites. Il aurait été possible pourtant d'observer les variations conjointes des deux suites :

L'utilisation du fichier de suites permettait l'observation du comportement des deux suites encadrantes.



On peut ainsi conjecturer la croissance d'une suite, la décroissance de l'autre et plus précisément leur caractère adjacent.

On peut même penser que la TI-92 est plus utile ici que pour la détermination d'une limite que les théorèmes élémentaires fournissaient sans peine.



n	u1	u2
1.	0.	1.
6.	.25462963	.4212963
11.	.2892562	.38016529
16.	.30273438	.36523438
21.	.30990174	.35752079
26.	.31434911	.35281065
31.	.31737773	.3496358
36.	.31957305	.34735082

On peut imaginer que Sf. a été conduit à insister davantage sur l'aspect formel de la TI-92 qui était plus nouveau pour lui. La digression sur la permutation limite/somme manifeste ainsi clairement que le professeur ne suit plus tout à fait le problème posé à la classe mais traite avec la classe un problème que lui même se pose mais qui n'est pas issu des questions de la classe.

Une première comparaison entre les deux séances.

Si l'on compare cette séance avec la première intervention de Sf. dans la classe, on observe cependant une évolution très importante :

- le rythme de traitement des questions est beaucoup plus lent ;
- les questions qui apparaissent sont traitées avec toute la classe et pas seulement avec un seul élève ;
- les questions soulevées par l'utilisation de la calculatrice sont traitées sur le fond.

Certes il reste encore à organiser une confrontation plus équilibrée entre les résultats obtenus par un calcul papier/crayon et les résultats obtenus à partir de la calculatrice, à utiliser les différentes applications de la calculatrice pour multiplier les points de vue sur les objets étudiés et pour choisir le point de vue le plus adéquat. Mais ceci requiert un apprentissage qui dépasse sans doute le cadre d'un simple stage d'un mois dans une classe.

Professeur stagiaire Sf.

Bilan tiré par F. de son stage dans la classe (avril 1997).

Remarques sur un cours
s'appuyant sur l'utilisation de la calculatrice.

Au cours de mon stage en pratique accompagnée, j'ai pu observer l'utilisation de la calculatrice (TI-92) dans des séquences d'enseignement. Cela m'a permis de voir l'influence de la machine en cours de mathématiques en Terminale Scientifique.

A priori, l'influence de la machine me paraissait négative en ce qui concerne l'apprentissage des méthodes mathématiques. En effet, si la calculatrice est capable de fournir "immédiatement" les solutions des exercices posés, il est inutile d'apprendre les méthodes pour traiter ces problèmes. De plus, il me semblait que l'utilisation quotidienne de la calculatrice risquait de "fabriquer" des élèves qui restent plongés dans leur instrument et ne se soucient pas du cours.

Pourtant, après avoir suivi quelques séances, j'ai pu m'apercevoir qu'un temps était consacré à la machine et un autre au cours - les élèves respectant ainsi la règle établie. De plus, en constatant certaines "faiblesses" de la TI-92, on se rend compte de la nécessité de maîtriser les connaissances mathématiques afin de pouvoir vérifier ou interpréter les résultats obtenus. Ensuite, le travail avec la machine constitue un changement de support. La TI-92 intégrant une version de Cabri-Géomètre, on peut dessiner sur la machine, mais aussi animer le dessin.

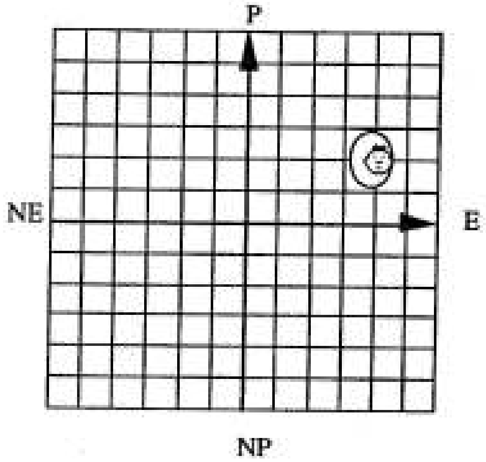
Une fois que le fonctionnement de la machine a été assimilé, on peut accomplir, grâce à celle-ci, un travail qui se rapproche des méthodes employées par les chercheurs. En effet, pour résoudre un problème, on peut commencer par émettre des conjectures à l'aide de ce qu'on observe à l'écran. Ensuite, on peut vérifier des hypothèses grâce notamment à la table de valeurs.

Ainsi la machine joue un nouveau rôle : ce n'est plus un outil qui résout tout seul les exercices (c'est à dire sans un travail réel de l'élève), c'est un outil qui permet de développer une démarche scientifique. En ce sens, elle permet à l'élève d'avoir un rôle actif dans la construction de ses connaissances, ce qui constitue un objectif essentiel dans l'enseignement scientifique.

<u>Quelques exemples traités à l'aide de la TI-92 :</u>

- calcul de la dérivée à un ordre donné de la fonction $x \to e^x(x^2+x+1)$;
- résolution d'équations à l'aide de la commande Solve de la machine ;
- calcul d'une primitive de $\frac{x}{x+1}$: quand on dérive la primitive donnée par la machine, on obtient $\frac{-1}{x+1} + 1$, ce qui permet de reconnaître une fonction du type $\frac{u'}{u} + 1$;
- un exercice de géométrie m'a particulièrement impressionné. Il s'agissait de prouver l'orthogonalité de deux droites. Grâce à la commande "animation des objets" et en faisant apparaître l'angle des droites à l'écran, on peut observer que le résultat semble vérifié pour de nombreux cas (chose qui prendrait beaucoup de temps à la main...) ;
- encadrement de l'aire de la surface délimitée par la courbe $y=x^2$, l'axe des abscisses et la droite d'équation $x=1$, à l'aide de deux suites S_n et T_n (S_n -resp. T_n- étant la somme des aires des rectangles qui bordent la courbe par en dessous -resp. par en dessus). A l'aide de la table de valeurs, il semble que ces deux suites soient adjacentes. On peut bien sûr calculer directement la valeur de l'intégrale avec la machine.

Sf (" expérimenté- positif ")
Bilan en Juin 97



On donne ici les réponses au questionnaire de fin d'année, le même que celui qui a été donné aux stagiaires de l'échantillon "niveau 1" (cf. IV. 3.). On pourra ainsi comparer les effets éventuels des différents contextes d'enseignement. Ce professeur a des classes en responsabilité en collège. Il était, avant son "immersion" dans la classe expérimentale, considéré comme "expérimenté-positif".

Il décrit ainsi son évolution après son stage en pratique accompagnée : *"surtout une évolution de point de vue par rapport à l'importance de la calculatrice. Changement de conception : la machine devient un outil pour développer un raisonnement scientifique"*. Il estime être devenu plus "performant" dans sa maîtrise des outils de calcul et envisage explorer plus avant ce type de travail.

La généralisation des calculatrices graphiques :

	Octobre 96				Mars 97				
	Pas du tout	Très peu	Oui	Tout à fait	0	1	2	3	4
a. est un "atout" pour l'enseignement des mathématiques			X		O				X
b. rend les élèves plus autonomes			X		O			X	
c. permet de développer un débat scientifique dans la classe autour de conjectures, de preuves, de réfutations			X					O	X
d. en facilitant certaines procédures, empêche certains apprentissages élémentaires. Si oui, dans quel domaine ?			X					⊗	

On peut observer que ce professeur a un mauvais souvenir de ses conceptions en début d'année : il surestime ainsi son évolution, estimant être passé, en ce qui concerne "les calculatrices atout pour l'enseignement" du degré 0 au degré 4 (alors qu'il est passé en fait de "oui" au degré 4).

On remarque aussi que c'est les potentialités de "débat scientifique" qui ressortent nettement et que les rapports des calculatrices avec les apprentissages élémentaires sont encore ressentis comme problématiques.

La généralisation des calculatrices graphiques nécessite une modification profonde de l'enseignement des mathématiques ...

	Octobre 96				Mars 97				
	Pas du tout	Très peu	Oui	Tout à fait	0	1	2	3	4
a. dans le comportemet du professeur			X						⊗
b. dans les exercices donnés		X							⊗
c. dans le déroulement du cours		X						⊗	
d. dans l'organisation de la classe		X				O			X
e. dans le programme lui-même			X				O	X	

On peut constater que, en ce qui concerne les conséquences de la généralisation des calculatrices, l'évolution est très importante :

- elle l'est objectivement, entre les questionnaires d'octobre et de mars, en ce qui concerne le comportement du professeur, les exercices donnés, le déroulement du cours. Mais sur ces trois points, il est remarquable que Sf imagine ne pas avoir évolué (ce qui se repère par la superposition des ronds et des croix dans les résultats du questionnaire de mars (cf. ci-dessus) ;
- par contre, l'évolution est ressentie comme très importante en ce qui concerne l'organisation de la classe. Comme nous l'avions constaté en IV.3., cela témoigne d'une progression significative : l'intégration des outils de calcul n'implique pas seulement un changement dans le comportement du professeur mais aussi des changements tstructurels dans la classe.

Fait notable, Sf n'organisera aucune séance dans ses classes de collège avec la TI-92 qui lui a été prêtée. Ceci est à mettre en relation avec l'attitude inverse de Sc, qui a suivi le même stage en pratique accompagnée, enseigne aussi en collège et a utilisé à cinq reprises la TI-92 dans ses classes. On peut avancer deux explications pour cette différence d'attitude (suite à des entretiens informels avec les stagiaires):

- Sc a subi une évolution beaucoup plus importante que Sf pendant le stage en pratique accompagnée. Il s'agit pour lui d'une réelle découverte des calculatrices. Le déséquilibre qui en résulte entraîne un changement d'attitude qui a des conséquences immédiates dans ses classes en responsabilité ; à l'inverse, l'évolution de Sf ne traduit pas un bouleversement mais plutôt un approfondissement de la reflexion sur le rôle des outils de calcul : cela n'entraîne donc pas la recherche de nouveaux équilibres dans la classe ;

- Sf semble aussi plus conscient des modifications nécessaires du système didactique pour une intégration réussie des calculatrices dans une classe. Il préfère ne pas procéder par bricolages successifs (à un moment de l'année où d'autres contraintes s'exercent -mémoire, inspection...) et reporte une intégration réfléchie à la prochaine rentrée scolaire : c'est à ce moment que peut se définir au mieux une nouvelle "organisation de classe".

Conclusion de V

Les observations réalisées en pratique accompagnée nous amènent à faire plusieurs remarques.

1. L'insuffisance d'une "pression didactique faible"

En V.1., nous avons pu observer une première situation de pratique accompagnée : le professeur en charge de la classe était favorable à l'intégration des calculatrices, le manifestait dans sa pratique quotidienne ; les stagiaires étaient libres de "suivre son exemple", ou non.

Les résultats ont été clairs :
- du point de vue des conceptions des stagiaires d'abord. Celles-ci ont évolué dans un sens plus favorable à l'intégration des calculatrices ;
- du point de vue de la pratique accompagnée ensuite. On doit bien constater que celle-ci n'a pas du tout pris en compte cette intégration des outils de calcul (ni ceux des élèves, ni la calculatrice rétroprojetable).

Nous pouvons avancer une hypothèse explicative :
- les classes dans lesquelles les stagiaires sont intervenus ne sont pas leurs propres classes ;
- les stagiaires ne subissent aucune pression de la classe. Les élèves possèdent des calculatrices de modèles variés, ils acceptent tout à fait que les stagiaires fassent cours sans prise en compte des outils de calcul ;
- le conseiller pédagogique n'a pas proposé aux stagiaires le prêt de calculatrices avec mode d'emploi, recueil de situations d'enseignement spécifiques... Pour la préparation des séances dont ils avaient la responsabilité, les stagiaires ne pouvaient ainsi compter que sur leurs propres ressources ;
- dans cette situation difficile (intervenir dans un milieu peu connu devant un tuteur qui, lui, le connaît bien), **il y a une règle de l'économie didactique qui s'impose : la conservation. Cette règle consiste à "jouer (si possible) selon ses propres règles" et non pas selon les règles du tuteur.**

On peut comprendre ainsi que des stagiaires aient choisi de ne pas modifier leur relation aux "environnements calculatrices" plutôt que de procéder par "mimétisme" du tuteur. Cela ne veut pas dire pour autant que le stage a été inutile : les éléments de pratique que le tuteur leur a présentés les ont globalement convaincu de l'intérêt des "environnements calculatrices". Ce point de vue restera comme élément de formation. Il pourra peut-être y avoir des prolongements dans leurs classes (l'un des stagiaires annonce d'ailleurs qu'il a utilisé ce type d'environnement dans une de ses classes pour une leçon sur le parenthésage).

2. Les effets positifs d'une immersion dans la classe expérimentale.

Nous avons pu constater en V.2. les effets beaucoup plus importants de la pratique accompagnée dans ce contexte :
- le point de vue des stagiaires a évolué. En particulier celui de Sc ("non expérimentée-non positive") a radicalement changé. On peut d'ailleurs comparer cette

évolution avec celle de S2 (cf. IV.3.), lui aussi "non expérimenté-non positif" : les différences sont nettes. S2 était resté "non expérimenté-non positif" au terme de l'expérimentation, ce qui n'est plus le cas de Sc ;

- leur pratique aussi. D'une part pendant le stage lui-même (mais là, ils n'avaient pas le choix, à la différence des stagiaires sous "pression didactique faible" : ils devaient nécessairement prendre en compte l'environnement TI-92 dans lequel "baignait" la classe) ; d'autre part après le stage, dans leur classe en responsabilité. Il est de ce point de vue assez remarquable que ce soit Sc (au départ "non expérimentée-non positive") qui ait organisé (en collège) le plus de séances intégrant la calculatrice TI-92 prêtée pour l'année.

On ne peut pas bien sûr tirer de conclusions définitives à partir de l'étude de quelques cas, et sur une période relativement courte. **Cette immersion dans une classe expérimentale semble cependant mettre en évidence une autre caractéristique des économies didactiques, l'adaptation/reéquilibration** : mis à l'épreuve d'un nouveau système didactique, le professeur stagiaire tente si c'est possible de reproduire le même comportement (règle de conservation). Dans le cas de la classe expérimentale, c'est impossible (un élève manipule une calculatrice rétroprojetée, elle sert de référence commune "incontournable"). Le professeur stagiaire s'adapte alors et crée un nouvel équilibre compatible avec le système. Le nouvel équilibre constitué va s'étendre en retour aux autres systèmes didactiques dans lequel le professeur stagiaire intervient (ses classes en responsabilité).

Nous savons bien (au moins depuis Piaget) que c'est dans ces situations de déséquilibre que l'on apprend. Le professeur stagiaire va rechercher un nouvel équilibre qui soit compatible avec le nouveau système didactique, et pour des raisons d'économie, le moins loin possible des comportements anciens. On a pu le constater lors de la première leçon de Sf : le refus de prendre en compte les suggestions des élèves, l'utilisation de la calculatrice sur le modèle "cinéma!", témoignent d'un nouvel équilibre, précaire, assez proche des habitudes de travail antérieures. C'est dans ces moments de recherche d'équilibre que la formation est décisive : le professeur stagiaire recherche de nouveaux points d'appui pour parvenir à un équilibre plus satisfaisant. Cette recherche a été favorisée par les interactions entre les stagiaires et le professeur en charge de la classe expérimentale.

C'est sans doute la combinaison d'une pression forte d'un nouveau système didactique (contraignant à la recherche d'un nouvel équilibre) et d'une aide didactique (permettant retours critiques et réadaptations) qui a permis les évolutions rapides constatées dans le cadre de la classe expérimentale.

Chapitre VI

Les bilans croisés

INTRODUCTION

Nous avons développé dans les chapitres IV et V nos observations aux niveaux 1 et 2 (tels que ces niveaux ont été définis dans le chapitre III) concernant des stagiaires et étudié leur évolution pendant l'année. Nous en revenons dans ce chapitre à l'ensemble de la population des stagiaires (ou du moins à l'ensemble de ceux qui ont répondu à nos questionnaires d'entrée et de sortie de l'année), ce que nous avons appelé "observation niveau 0). Ces stagiaires ont suivi la formation dispensée à l'IUFM (cf. chapitre II) et n'ont subi de notre part aucune sollicitation autre que celle constituée par la proposition des deux questionnaires.

Le premier questionnaire a été donné en début d'année (analyse dans le chapitre III) et l'autre au mois de Mai. Ce dernier questionnaire a été donné à tous les stagiaires de Montpellier et Nîmes. Mais, pour des raisons de calendrier et de compatibilité d'emplois du temps, il n'a pas été distribué de la même façon :

- les stagiaires de Nîmes l'ont eu un jour de "regroupement didactique" et l'ont rempli "sur place" (à l'IUFM) ; ainsi 22 questionnaires ont pu être recueillis. Ceci correspond à la quasi-totalité des stagiaires concernés (en début d'année, 23 questionnaires avaient été recueillis pour ce même groupe. En fait, en raison d'absences, d'une démission et d'un questionnaire de début d'année anonyme, une comparaison est possible pour seulement 20 d'entre eux.
- à Montpellier, le questionnaire a été envoyé aux 30 stagiaires ayant répondu en début d'année (voir la lettre jointe page suivante) dans leur établissement de stage. Fin d'année, désintérêt... malgré un rappel par fax seulement 16 questionnaires nous ont été retournés.

Ainsi une comparaison globale peut être faite pour 36 stagiaires parmi les 53 stagiaires de début d'année[35]. D'autre part si nous nous intéressons seulement à la population de niveau 0, nous devons enlever les 5 questionnaires correspondant au niveau 1 et 3 questionnaires (l'un des stagiaires n'a pas renvoyé le questionnaire) correspondant au niveau 2. Ainsi c'est pour 28 stagiaires de niveau 0 que l'évolution des conceptions durant cette année de formation pourra être cernée.

Enfin, si le questionnaire distribué nous permet de relever l'évolution des conceptions des stagiaires, celui-ci présente une lacune importante que nous n'avons pu que regretter nous même à la lecture des réponses et lorsque nous avons voulu dresser le bilan : nous avons oublié de questionner les stagiaires sur leur pratique effective cette année dans leur classe. Cette lacune nous empêche ainsi d'évaluer l'impact de la formation IUFM et de leur propre expérience de terrain. La question 4 du questionnaire de Mai nous permettra toutefois de relever les pratiques pédagogiques qu'envisagent les stagiaires relativement aux calculatrices dans leurs classes futures.

[35] On trouvera dans l'annexe 2 le tri à plat des 38 questionnaires qui ont été retournés.

INSTITUT DE RECHERCHE SUR L'ENSEIGNEMENT DES MATHÉMATIQUES

UNIVERSITÉ DE MONTPELLIER II

Equipe de recherche IUFM/MAFPEN
René BERNARD, Christian FAURE,
Maryse NOGUÉS, Luc TROUCHE

Montpellier, le 20 mai 1997

Aux professeurs stagiaires de Montpellier

Chère collègue, cher collègue,

Vous avez bien voulu au début de cette année scolaire, dans le cadre de notre enquête, répondre à un certain nombre de questions relatives à votre perception des calculatrices dans l'enseignement des mathématiques. Afin de pouvoir mesurer les écarts entre ces perceptions en début et fin d'année, nous vous serions reconnaissants de bien vouloir remplir le questionnaire ci-joint et de le renvoyer par retour du courrier à l'adresse suivante par l'intermédiaire du secrétariat de votre Établissement :

IREM de Montpellier
Groupe Analyse
Université Montpellier II
Place Eugène Bataillon
34095 MONTPELLIER Cedex 05

Nous insistons tout particulièrement auprès de vous pour que ce questionnaire nous revienne rapidement : notre travail ne peut avoir de sens que si toutes les comparaisons statistiques sont faites.

Avec tous nos remerciements pour l'aide que vous nous avez apportée et que vous nous apportez encore.

Pour l'équipe IUFM-MAFPEN

VI.1. Questionnaire IUFM Mai 1997

Nom :	Etablissement :	Classe en responsabilité :	Classe en pratique accompagnée :

1. Cette année, vous servez-vous de votre calculatrice :

Plus qu'avant ❒ Ni plus ni moins qu'avant ❒ Moins qu'avant ❒ Pas du tout ❒

Que vous ayez ou non un ordinateur, avez-vous utilisé cette année un logiciel de mathématiques ?
Oui ❒ Non ❒ Si oui, lequel ?

2. Concernant l'usage personnel de votre calculatrice, y a-t-il, cette année, un changement dans les fonctionnalités que vous utilisez ?

utilisées :	Plus	Ni plus ni moins	Moins	Pas du tout
les opérations élémentaires (+, - , x , / , $\sqrt{\ }$) :				
le tracé de courbes :				
les calculs approchés sur les fonctions (Nombre dérivé, intégrales, résolution d'équations...) :				
l'écriture de programmes :				
les calculs sur les suites :				
les statistiques :				
le calcul matriciel :				
le calcul exact et formel :				

Autres fonctionnalités (lesquelles ?)

3. Indiquez par un cercle (O) quel était votre avis en début d'année et par une croix (X) quel est votre avis actuel concernant les affirmations suivantes :

La généralisation des calculatrices graphiques :	Tout à fait d'accord	Oui, d'accord	Très peu d'accord	Pas du tout d'accord
a. est un atout pour l'enseignement des mathématiques				
b. rend les élèves plus autonomes				
c. permet de développer un débat scientifique dans la classe autour de conjectures, de preuves, de réfutations				
d. en facilitant certaines procédures, empêche certains apprentissages élémentaires.				

La généralisation des calculatrices graphiques nécessite une modification profonde de l'enseignement des mathématiques du point de vue	Tout à fait d'accord	Oui, d'accord	Très peu d'accord	Pas du tout d'accord
e. du comportement du professeur				
Commentaires				
f. des exercices donnés				
Commentaires				
g. du déroulement du cours				
Commentaires				
h. de l'organisation de la classe				
Commentaires				
i. du programme lui-même				
Commentaires				

4. Pensez-vous, plus tard, dans vos classes :

Envisager des activités spécifiques intégrant les calculatrices ?
Oui ❐ Non ❐ Je ne sais pas ❐

Envisager des activités spécifiques intégrant les calculatrices graphiques ?
Oui ❐ Non ❐ Je ne sais pas ❐

Envisager des activités spécifiques intégrant les calculatrices symboliques ?
Oui ❐ Non ❐ Je ne sais pas ❐

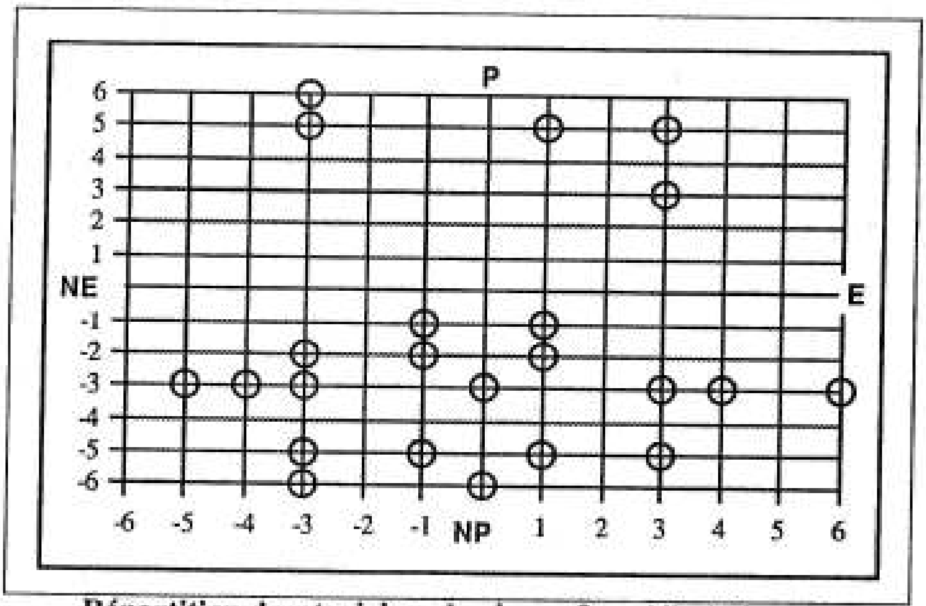
Envisager d'utiliser une calculatrice rétroprojetable ?
Oui ❐ Non ❐ Je ne sais pas ❐

Seriez-vous intéressés par le prêt d'un matériel permettant ce type d'activités (calculatrice rétroprojetable, lot de calculatrices)
Oui ❐ Non ❐ Je ne sais pas ❐

VI.2. Evolution des stagiaires de niveau 0

Si l'évolution des 5 stagiaires de niveau 1 (chapitre IV) au cours de l'année est évaluée individuellement et par rapport à leur profil (E-P, NE-NP,...) , de la même façon que pour les stagiaires de niveau 2 (chapitre V), l'évolution des 28 stagiaires de niveau 0 pour lesquels la comparaison est possible se fera de façon plus synthétique, pour l'ensemble du groupe et non individuellement.

Nous donnons toutefois ci-dessous la répartition des 28 stagiaires selon les axes "expérimenté" et "positif" d'aprés leurs réponses au questionnaire d'octobre et selon les critères définis au chapitre III. Peu de stagiaires sont classés positifs, cela est lié au fait que 18 d'entre eux sont en collège pour leur stage en responsabilité ; nous avons déjà dit en quoi cela "perturbe" cette classification.



Répartition des stagiaires de niveau 0 en début d'année

A propos de l'utilisation personnelle de nouveaux outils.

D'après le questionnaire d'octobre, ces 28 stagiaires ont en leur possession des calculatrices qui se répartissent, qu'ils utilisent et connaissent comme suit :

Calculatrice	Scientifique : 3	Programmable : 6	Graphique : 13	Symbolique : 6
Utilisation	Beaucoup : 2	Régulièrement : 9	Rarement : 13	Pas du tout : 4
Connaissance	Très bien : 1	Assez bien : 14	Un peu : 12	Pas du tout : 1

La première question du mois de mai interrogeait les stagiaires sur leur pratique personnelle durant l'année. En terme d'utilisation de la calculatrice, très majoritairement les stagiaires l'utilisent autant que par le passé (17), 7 d'entre eux l'utilisent plus mais cela est compensé par 4 qui disent l'utiliser moins.

Dans ce groupe, 7 stagiaires ont un ordinateur ; ainsi, même si 12 d'entre eux n'ont pas manipulé de logiciel mathématique durant cette année, pour les 16 autres, ils ont utilisé un tel logiciel, essentiellement de géométrie (cabri, 12 d'entre eux) et ceci est essentiellement lié à leur formation à l'IUFM. On a donc un groupe qui utilise personnellement les nouveaux outils de calcul de façon "moyenne" avec une légère évolution pendant l'année.

A propos des avis des stagiaires sur les calculatrices.

On a regroupé dans un même tableau, de gauche à droite, les réponses au questionnaire d'octobre (en caractère normal) et les réponses au questionnaire de mai : *en italique* la position qu'ils se souviennent avoir eu en début d'année et **en caractère gras** leur avis actuel. Pour faciliter la comparaison avec les questionnaires relatifs aux stagiaires "niveau 1" et "niveau 2", on notera les réponses dans l'ordre "croissant" : non réponse, pas du tout, très peu...

La généralisation des calculatrices graphiques :	Non rép	Pas du tout	Très peu	Oui	Tout à fait
a. est un atout pour l'enseignement des mathématiques	1 *4* **2**	2 *1* **1**	6 *7* **5**	16 *12* **15**	3 *4* **5**
b. rend les élèves plus autonomes	0 *4* **2**	7 *4* **4**	11 *9* **9**	10 *11* **13**	0 *0* **0**
c. permet de développer un débat scientifique dans la classe autour de conjectures, de preuves, de réfutations	1 *6* **1**	1 *0* **0**	4 *7* **5**	20 *10* **16**	2 *5* **6**
d. en facilitant certaines procédures, empêche certains apprentissages élémentaires.	1 *4* **3**	0 *1* **0**	1 *5* **4**	18 *14* **15**	8 *4* **6**

En ce qui concerne la position des stagiaires exprimée effectivement en octobre et celle qu'ils considèrent comme leur position auparavant, on peut noter certaines disparités. Les cases grisées correspondent à un écart entre les réponses supérieur ou égal à 3. Un écart important est relevé à propos du débat scientifique pour la réponse oui. Si nous reprenons ce tableau en regroupant les réponses tout à fait et oui que nous considérons comme positives et très peu et pas du tout que nous qualifierons de négatives, on observe la répartition suivante :

La généralisation des calculatrices graphiques :	Non rép.	Très peu	Oui
a. est un atout pour l'enseignement des mathématiques	1 *4* **2**	8 *8* **6**	19 *16* **20**
b. rend les élèves plus autonomes	0 *4* **2**	18 *8* **13**	10 *11* **13**
c. permet de développer un débat scientifique dans la classe autour de conjectures, de preuves, de réfutations	1 *6* **1**	5 *7* **5**	22 *15* **22**
d. en facilitant certaines procédures, empêche certains apprentissages élémentaires.	1 *4* **3**	1 *6* **4**	26 *18* **21**

Ce tableau permet peut être de mieux percevoir les écarts importants entre la position exprimée en octobre et le souvenir qu'en ont les stagiaires aussi bien en ce qui concerne l'idée d'autonomie des élèves (très peu : 18/8), celle de débat scientifique (oui : 22/15) et leur position sur les apprentissage de base (oui : 26/18). Mais c'est peut être la confrontation effective des stagiaires avec la réalité des classes et leur pratique qui a modifié leur propre conception et souvenir. En ce qui concerne leur position actuelle, on retrouve une forte majorité de stagiaires (20/28) qui perçoivent les calculatrices comme un atout pour l'enseignement mais en même nombre (19/28) qu'en octobre. On peut constater en ce qui concerne l'autonomie des élèves que les stagiaires ont en mai une position légèrement plus positive ainsi qu'en ce qui concerne les apprentissages de base. Sur la notion de débat, le groupe se situe majoritairement de façon positive et même si les stagiaires se souviennent assez mal de leur propre conception du mois d'octobre, il n'y a en fait pas d'évolution, on peut seulement supposer que les affirmations du mois de mai sont plus solides après une année de pratique. Ainsi, même si c'est de façon assez peu marquée, l'évolution nous semble positive.

A propos des avis des stagiaires sur les pratiques de cours.

La généralisation des calculatrices graphiques nécessite une modification profonde de l'enseignement des mathématiques du point de vue	Non rép	Pas du tout	Très peu	Oui	Tout à fait
e. du comportement du professeur	1 *8* **0**	1 *0* **0**	4 *2* **1**	21 *16* **19**	1 *2* **8**
f. des exercices donnés	1 *9* **1**	1 *0* **0**	8 *4* **4**	16 *10* **15**	2 *5* **8**
g. du déroulement du cours	2 *9* **0**	3 *0* **0**	15 *10* **12**	8 *7* **12**	0 *2* **4**
h. de l'organisation de la classe	2 *9* **0**	7 *1* **2**	8 *8* **11**	10 *7* **11**	1 *3* **4**
i. du programme lui-même	4 *10* **1**	5 *1* **3**	14 *12* **14**	5 *4* **8**	0 *1* **2**

De façon très nette, un tiers environ des stagiaires ne se souvient pas des réponses données en octobre. Si on observe les réponses sur leur position actuelle, dont on peut penser qu'elle s'est affirmée en cours d'année : les stagiaires semblent persuadés que c'est l'enseignant qui détient la clé d'une intégration à travers les exercices donnés, l'institution à travers les programmes influençant beaucoup moins le processus. Ceci apparaît de façon encore plus nette si l'on effectue comme ci-dessous un regroupement positifs/négatifs. Par ailleurs, ce tableau met aussi en évidence une progression sensible (5/28 en moyenne) du nombre de stagiaires qui pensent que des modifications doivent être apportées à l'enseignement des mathématiques.

La généralisation des calculatrices graphiques nécessite une modification profonde de l'enseignement des mathématiques du point de vue	Non rép	Très peu	Oui
e. du comportement du professeur	1 *8* **0**	5 *2* **1**	22 *18* **27**
f. des exercices donnés	1 *9* **1**	9 *4* **4**	18 *15* **23**
g. du déroulement du cours	2 *9* **0**	18 *10* **12**	8 *9* **16**
h. de l'organisation de la classe	2 *9* **0**	15 *9* **13**	11 *10* **15**
i. du programme lui-même	4 *10* **1**	19 *13* **17**	5 *5* **10**

A propos de pratique pédagogique

On a indiqué dans ce dernier tableau en normal ce que les stagiaires projettaient de faire cette année dans leur classe (en octobre), **en gras** ce qu'ils déclarent vouloir faire dans leur classe plus tard (en mai). La comparaison est certainement malaisée puisque le questionnaire d'octobre demandait aux stagiaires de se prononcer sur le fait de réaliser des activités cette année. En mai, on les interroge sur le fait d'envisager de réaliser des activités plus tard, ce qui renvoie à la dernière ligne du tableau en fait.

Pensez-vous...	Oui	Non	Ne sais pas	Non réponse
faire des activités spécifiques intégrant les calculatrices	17 **22**	1 **1**	10 **5**	0 **0**
faire des activités spécifiques intégrant les calculatrices graphiques	5 **25**	19 **1**	4 **2**	0 **0**
faire des activités spécifiques intégrant les calculatrices symboliques	**2**	**9**	**17**	**0**
utiliser une calculatrice rétroprojetable	0 **12**	24 **4**	4 **12**	0 **0**
être intéressé par un prêt de matériel permettant ce type d'activités	4 **17**	15 **4**	9 **7**	0 **0**
ce qu'avaient dit les stagiaires en octobre 96 sur le fait d'envisager des activités plus tard	16	1	11	0

L'évolution semble toutefois positive puisque on trouve 9 stagiaires de plus qu'en octobre qui envisagent de faire plus tard des activités avec des calculatrices graphiques, et cette position est fortement majoritaire dans le groupe (25/28). L'emploi de calculatrice rétroprojetable semble plus facilement envisagé ainsi que le prêt de matériel, mais il reste de fortes réticences envers les calculatrices symboliques (l'outil n'est pas forcément encore bien connu). Là encore il faut observer ce qui a pu être fait lors de l'année de formation (cf. II.).

Ainsi, de façon générale, ce groupe qui ne pouvait être qualifié d'opposant (16/28 envisageaient de réaliser au moins plus tard des activités avec des calculatrices) semble avoir évolué positivement. Peut être s'agissait-il seulement d'un groupe de "non positifs conjecturel". Toutefois les réticences nombreuses par rapport aux calculatrices symboliques nous laissent penser que la formation continue devra, pour ces stagiaires, prendre le relai de la formation initiale et permettre dans ce domaine une évolution positive des positions et des pratiques.

VI.3. Comparaison des évolutions des stagiaires "niveau 0" et des stagiaires "niveau 1 et 2"

Il est essentiel, pour mesurer l'effet des différents dispositifs mis en place, de tenter de comparer les évolutions du groupe des 28 stagiaires sur lesquels aucune pression extérieure ne s'est exercée (28 stagiaires "de niveau 0") et du groupe de 8 stagiaires sur lesquels une pression ponctuelle ou longue s'est exercée (5 stagiaires "de niveau 1" et 3 stagiaires "de niveau 2"). Dans toute cette partie, les comparaisons seront faites en pourcentage. Ces comparaisons doivent être faites avec beaucoup de prudence :

- beaucoup d'éléments nous échappent (nature des stages que les 28 stagiaires ont effectué pendant l'année, conceptions des tuteurs ou conseillers pédagogiques qu'ils ont rencontrés...) ;

- le questionnaire renseigné en fin d'année par ces 28 stagiaires ne permet pas de savoir si ceux-ci ont effectué pendant l'année des séances particulières prennant en compte les calculatrices dans les classes.

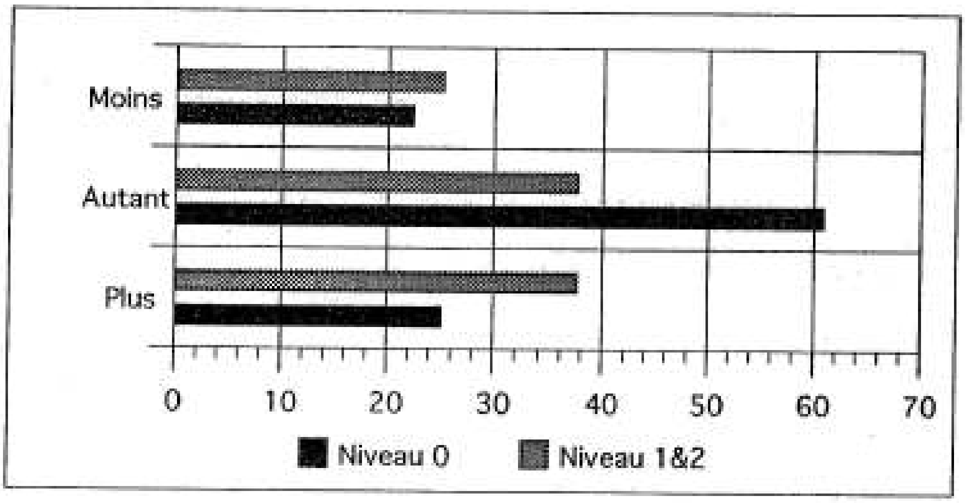
Ces réserves étant faites, les croisements des réponses des uns et des autres donnent quelques informations utiles.

Comme nous l'avons fait pour les stagiaires de niveau 0, rappelons tout d'abord les calculatrices que possèdent les stagiaires de niveau 1 et 2 en début d'année, ainsi que l'utilisation et la connaissance qu'ils en ont.

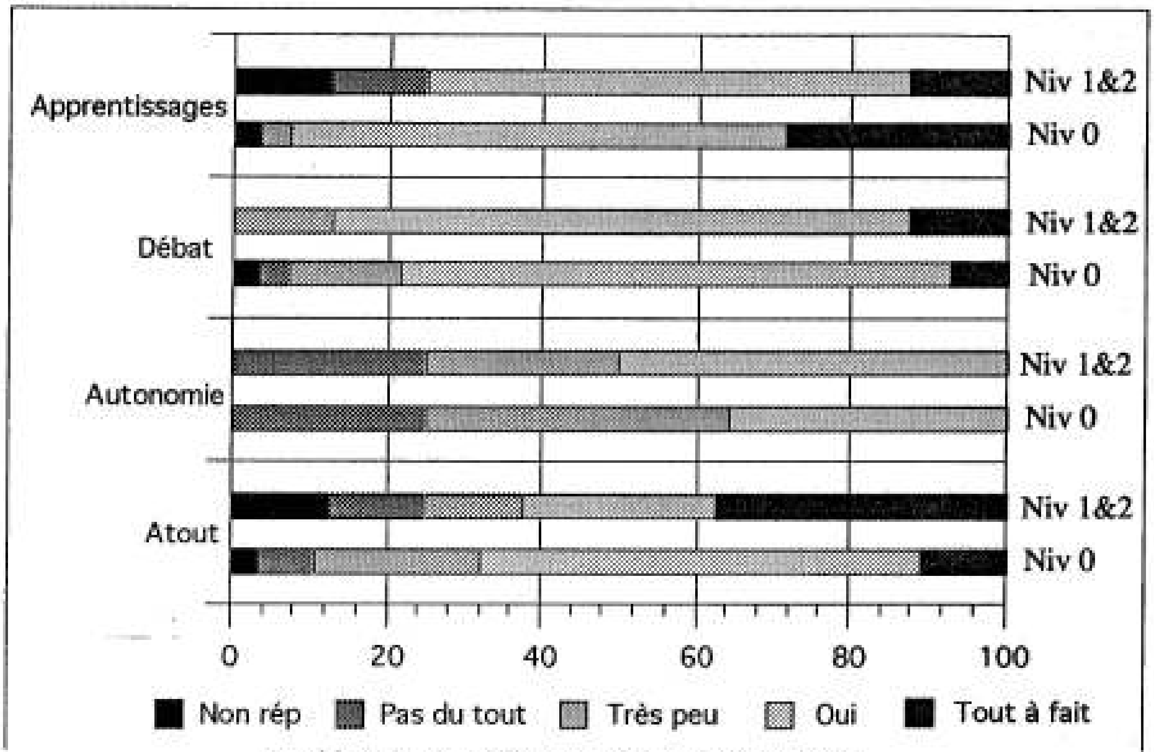
Calculatrice	Scientifique : 1	Programmable : 4	Graphique : 2	Symbolique : 1
Utilisation	Beaucoup : 2	Régulièrement : 0	Rarement : 3	Pas du tout : 2
Connaissance	Très bien : 1	Assez bien : 3	Un peu : 2	Pas du tout : 2

Remarque : un des stagiaires n'avait donné aucune réponse quant à l'utilisation personnelle de sa calculatrice.

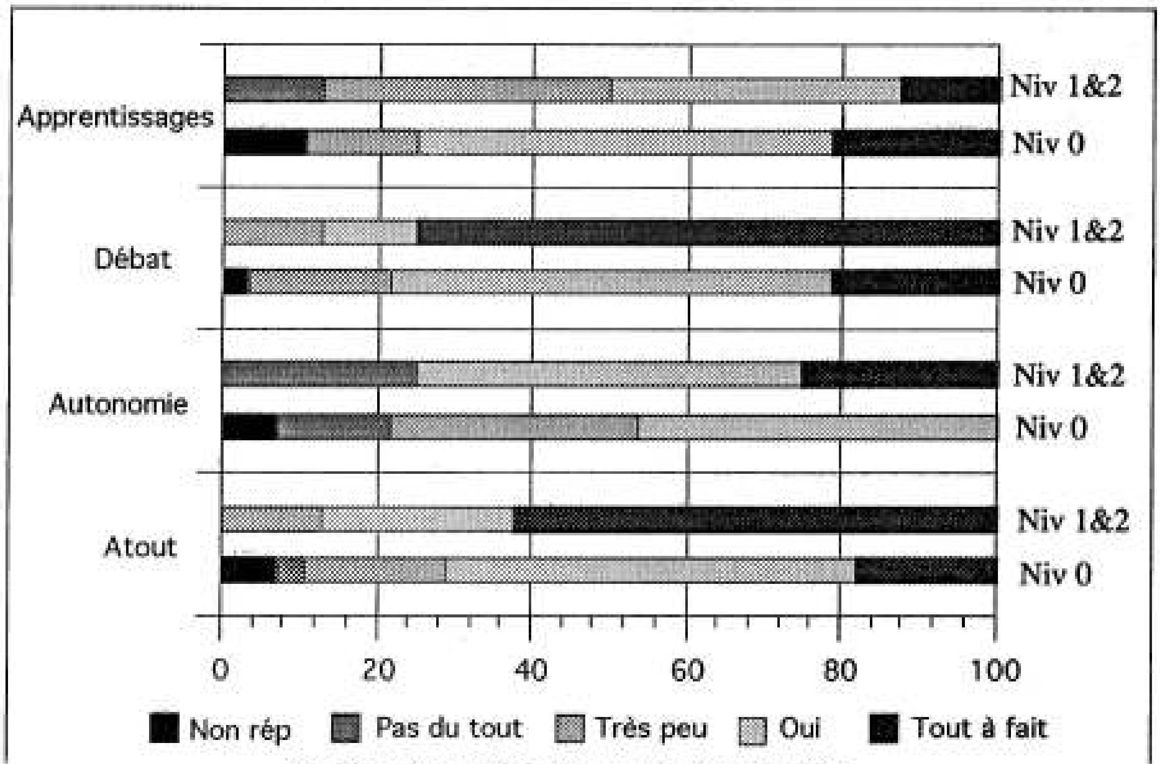
Si nous comparons maintenant *l'utilisation personnelle des calculatrices* par les stagiaires durant l'année (par rapport à l'année antérieure), nous pouvons observer que les stagiaires de niveau 1 et 2 l'utilisent un peu plus.



Les deux diagrammes suivants retracent les positions des stagiaires sur *les calculatrices, outil d'enseignement* et l'évolution de ces positions. A l'examen de ces deux diagrammes, il semble que les deux groupes ont des positions assez comparables en début d'année. Si l'on effectue des regroupements de réponses positives et négatives, cette similitude est encore plus marquée.

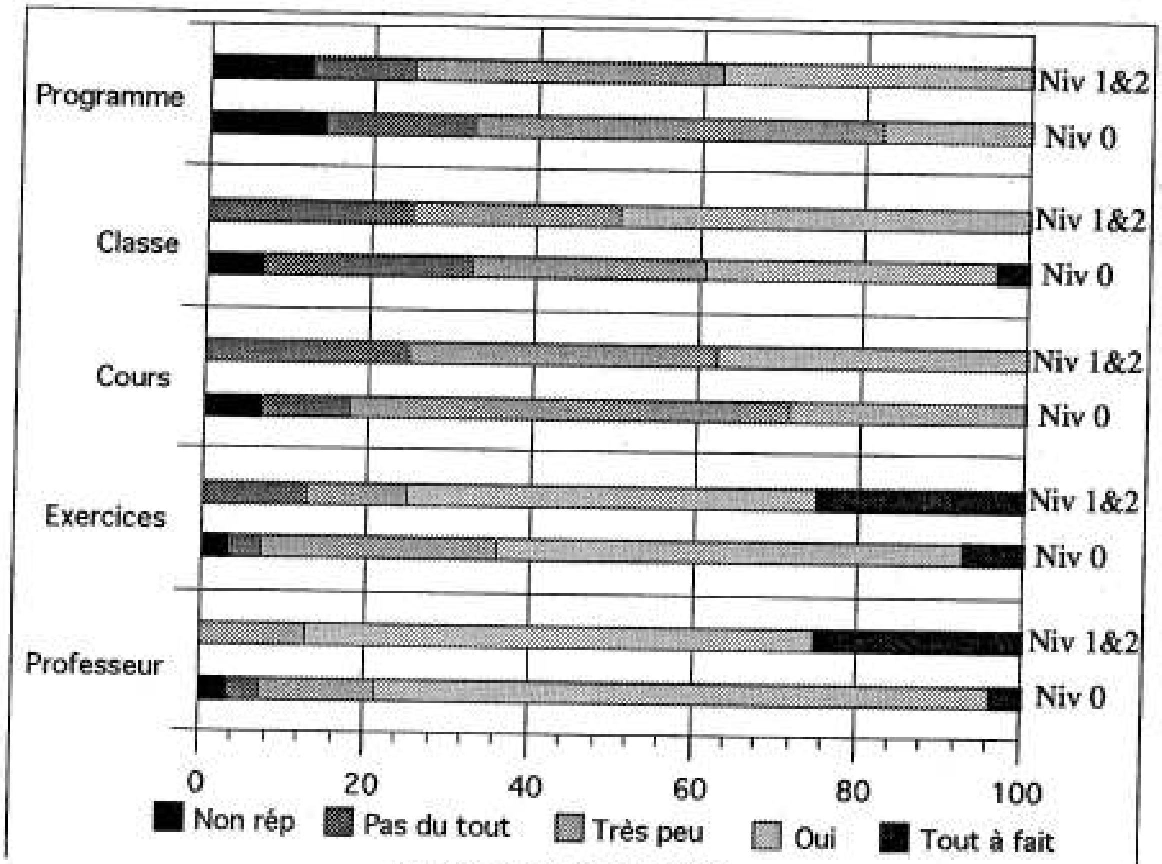


<u>Position des stagiaires au mois d'octobre 1996</u>

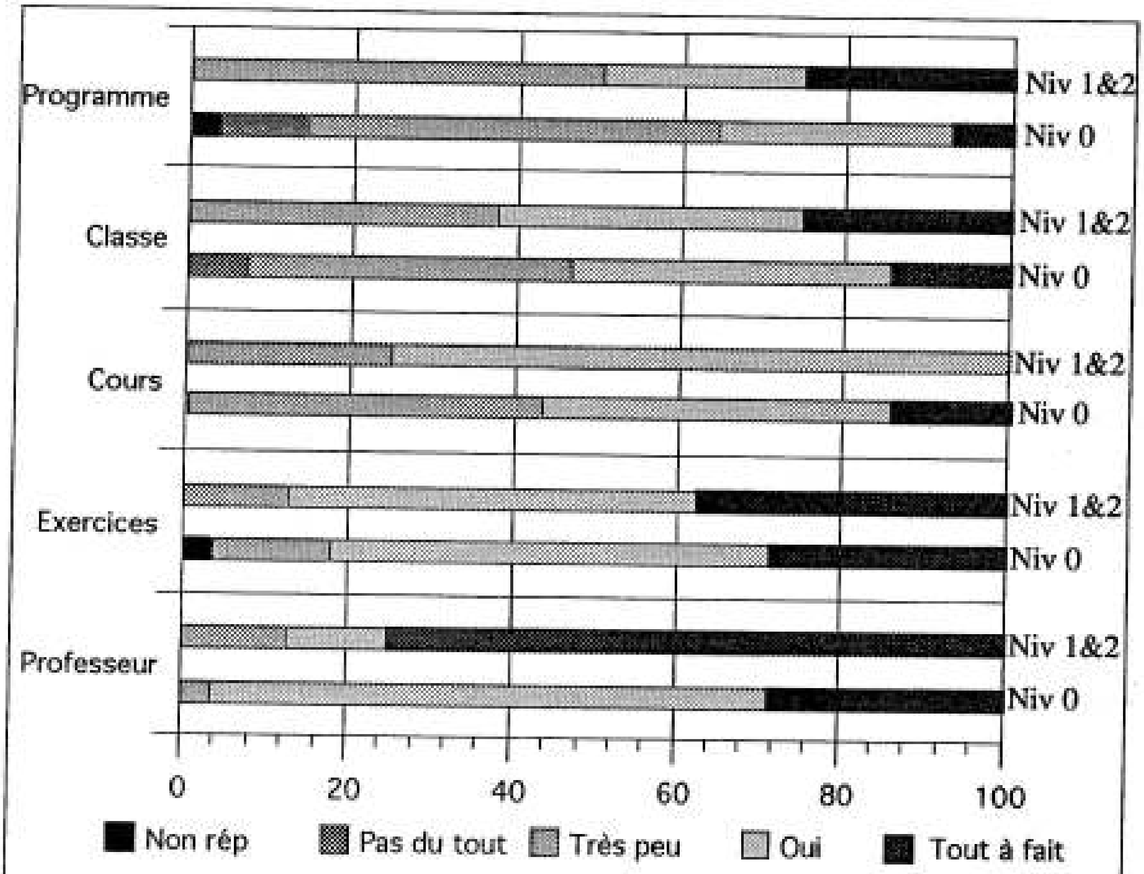


<u>Position des stagiaires au mois de mai 1997</u>

Au mois de mai, les stagiaires de niveau 1 et 2 ont des positions beaucoup plus affirmées que les stagiaires de niveau 0 : les positions "tout à fait" sont plus importantes. Ainsi leur évolution, quant à l'intégration des calculatrices, nous semble être plus positive. Les écarts sont importants, en particulier pour la notion de débat. Notons aussi que les positions sur les apprentissages de bases sont plus nuancées.
Observons maintenant les positions sur *les modifications à apporter à l'enseignement* .



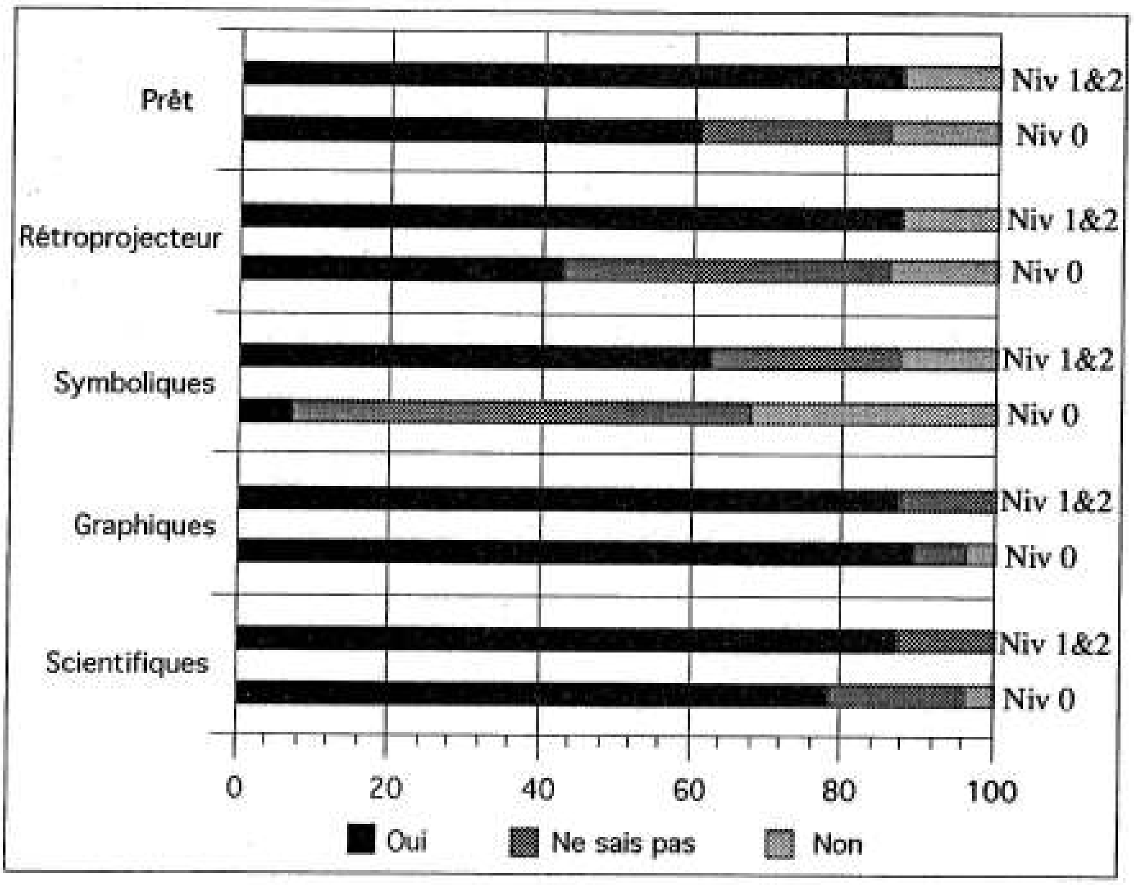
Positions en octobre 1996



Positions en mai 1997

Ici encore les positions au mois d'octobre sont assez similaires pour les deux groupes. Au mois de mai, nous avions déjà relevé que pour les stagiaires de niveau 0, c'est l'attitude du professeur qui est déterminante pour une intégration des calculatrices, cette affirmation est encore plus forte pour les stagiaires de niveau 1 et 2. Par ailleurs, le rôle de l'institution à travers les programmes est toujours assez peu pris en considération comme facteur dominant, mais les stagiaires de niveau 1 et 2 lui accordent un peu plus de poids toutefois.

En ce qui concerne les activités que les stagiaires pensent faire plus tard, nous observerons les réponses données au mois de mai par les stagiaires.



Si les positions en ce qui concerne le fait d'envisager de faire des activités avec des calculatrices scientifiques et graphiques sont similaires et largement positives pour les deux groupes, une différence sensible apparaît en ce qui concerne les calculatrices symboliques, l'utilisation d'un rétroprojecteur et le prêt de matériel. Les stagiaires de niveau 1 et 2 sont nettement plus positifs, on peut supposer qu'ayant été confrontés à ce type de matériel durant l'année, une des raisons de refus (parfois invoquée, parfois inconsciente) qui est la maîtrise du matériel a ainsi pu disparaître.

Cette confrontation entre stagiaires de niveau 0 et de niveau 1 & 2 semble bien confirmer l'idée qu'une pression didactique même "faible" favorise davantage la prise en compte des nouveaux outils.

Toutefois, parmi les stagiaires de niveau 1 et 2, nous avons pu percevoir, à travers les différents diagrammes, certaines positions négatives. Rappelons que, dans ce groupe, le stagiaire S2 est toujours très opposant (cf. IV.) : la plupart des affirmations négatives sont de son fait.

Si nous observons le diagramme de répartition des stagiaires de niveau 0 en début d'année, l'un deux que nous désignerons par Sx occupe la position (-3;-6). Nous le prendrons comme représentant du stagiaire le moins positif de ce groupe et allons tenter d'évaluer ses positions comparativement à celles de S2 (qui d'ailleurs occupe exactement la même position (-3;-6) sur le diagramme), représentant le moins positif du groupe de niveau 1 et 2. Le tableau ci-dessous reprend de façon synthétique les positions de ces deux stagiaires en octobre et en mai.

	S2		Sx	
	Octobre	Mai	Octobre	Mai
Classe en responsabilité	Seconde		Seconde	
Calculatrice	Casio 7000G, graphique		H.P. 11C programmable	
Utilisation	Rarement	Ni plus ni moins	Rarement	Ni plus ni moins
Connaissance	Un peu		Un peu	
Atout	Pas du tout	Très peu	Pas du tout	Oui
Autonomie	Très peu	Pas du tout	Pas du tout	Pas du tout
Débat	Oui	Très peu	Pas du tout	Très peu
Apprentissages	Pas du tout	Oui	Tout à fait	Oui
Professeur	Très peu	Très peu	Pas du tout	Oui
Exercices	Pas du tout	Très peu	Pas du tout	Oui
Cours	Très peu	Très peu	Pas du tout	Très peu
Classe	Pas du tout	Très peu	Pas du tout	Très peu
Programme	Pas du tout	Très peu	Très peu	Très peu
Influence	*"Je suis totalement opposé aux calculatrices réalisant du calcul formel"*		Aucune influence	
Activités	S : ne sais pas G : non Rétro : non Prêt : non Plus tard : non	S : ne sais pas G : ne sais pas F : non Rétro : non Prêt : non	S : oui G : non Rétro : non Prêt : non Plus tard : non	S : ne sais pas G : oui F : non Rétro : ne sais pas Prêt :ne sais pas

Les positions de ces deux stagiaires sont très semblables en début d'année, nous avons déjà souligné que le stagiaire S2, même s'il a bien voulu participer à l'expérimentation, n'a pas fondamentalement évolué dans ses positions. Pour le stagiaire Sx, une évolution semble s'être produite : on note qu'il considère en mai les calculatrices comme pouvant être un atout pour l'enseignement des mathématiques et envisage de réaliser des activités avec des calculatrices graphiques plus tard dans ses classes. Il semble aussi avoir pris conscience que cette intégration demande avant tout une modification du comportement de l'enseignant. Ainsi, pour ce type d'opposant, l'existence d'une pression didactique ponctuelle (du type de celle qui s'est exercée sur S2) n'est sans doute pas déterminante. La question d'une évolution possible dans le cadre d'une pression plus longue (par exemple dans le cadre de la classe expérimentale) reste ouverte.

On se rappelle en effet que le stagiaire Sc, non expérimenté et non positif aussi, avait considérablement évolué dans le cadre de la classe expérimentale (cf. V.). Mais sa localisation (-5; -2) dans la "grille typologique" avait révélé Sc moins expérimenté, mais moins négatif que S2. Ces différences peuvent avoir sans doute de grandes conséquences...

Conclusion

Conclusion

Au terme de ce rapport, on peut tirer quelques leçons.

1. Sur la recherche elle-même.

L'équipe de recherche qui s'est constituée, suite à l'appel d'offre de la MAFPEN et de l'IUFM de Montpellier, n'est pas une équipe de recherche universitaire. La diversité des formations des membres de cette équipe (DEA en Physique et en Didactique de mathématiques pour l'une, doctorat en Didactique des mathématiques pour un autre, DEA d'informatique pour le troisième, engagement à l'IUFM de Nîmes pour le quatrième) a permis une confrontation utile de plusieurs points de vue, le dégagement de pistes d'étude parfois originales. Cette diversité s'est aussi traduite dans les approches variées des membres de l'équipe lors des entretiens avec les professeurs stagiaires. Nous aurions pu faire un lissage des productions des uns et des autres pour homogénéiser l'ensemble. Nous avons préféré laisser le rapport en l'état pour laisser apparaître les différences de démarche.

Malgré la diversité des formations et des approches, cette équipe a bénéficié de la cohérence liée à plusieurs années de travail en commun au sein de l'équipe Analyse de l'IREM de Montpellier. Cette équipe [36] est engagée à la fois dans une recherche consacrée à l'intégration des outils de calcul dans l'enseignement, et à l'organisation de la formation continue des professeurs de mathématiques de collège et de lycée. Cela manifeste d'ailleurs l'intérêt des IREM, comme structure située à la fois à l'Université, aux dispositifs de formation continue et à l'enseignement secondaire.

L'équipe ainsi constituée a essayé de procéder avec rigueur : mise en place d'un cadre théorique, choix d'une méthodologie, ajustement de cette méthodologie après une première année de recherche. Malgré ces exigences de principe, nous avons bien le sentiment des insuffisances liées à l'ampleur du projet de départ, au manque de temps et au caractère hétérogène de l'équipe. Nous avons d'ailleurs souligné au cours de ce rapport certaines erreurs dans la rédaction des questionnaires, certaines faiblesses dans le recueil des entretiens ou les observations des séances de cours. Avec ses zones d'ombre et de lumière, le présent rapport nous semble pouvoir cependant être utile à la formation des professeurs de l'académie de Montpellier et répondre, au moins partiellement, à la demande qui nous avait été faite.

---

[36] L'équipe comprend aussi Yvon Nouazé, profsseur de Mathématiques dans le cadre de l'Université Montpellier II. L'offre de recherche de l'IUFM et de la MAFPEN ne s'adressant qu'à des professeurs du second degré, elle ne le concernait pas directement.

2. Sur la méthodologie de la recherche.

Nous avons basé notre étude sur deux types de comparaisons.

- Une comparaison interne.

Il s'agissait ici d'étudier les évolutions à l'intérieur d'un échantillon issu de la population totale des stagiaires en formation. Une analyse *a priori* a fait ressortir deux variables importantes, la connaissance des matériels et le point de vue sur leur intérêt pour l'enseignement des mathématiques. Un dispositif de repérage a permis de situer les stagiaires (plus ou moins expérimentés, plus ou moins positifs). Il a mis en évidence aussi une relation entre point de vue sur les calculatrices et point de vue sur l'enseignement des mathématiques. Le suivi d'un échantillon (entretiens et observations dans les classes) a permis de relever les effets d'une pression didactique (ponctuelle ou longue, faible ou forte) :

- pour tous les stagiaires (sauf l'opposant le plus ferme, S2), la seule pression didactique ponctuelle (prêt d'une calculatrice symbolique rétroprojetable et obligation d'organiser une séance observée dans sa classe en responsabilité) a entraîné des évolutions notables (une prise en compte plus positive des calculatrices, une prise en compte plus grande de la complexité des conditions d'intégration des outils de calcul dans le cours de mathématiques) ;

- pour un stagiaire "non expérimenté et non positif", une pression didactique longue et forte (immersion dans un dispositif expérimental) a permis une évolution notable ;

- on a pu noter aussi que toute prise en compte des outils de calcul s'accompagnait d'une réflexion nouvelle sur le rôle du professeur, sur le débat dans la classe, sur le rôle des conjectures et réfutations...

Cette comparaison interne a ainsi été tout à fait fructueuse.

- Une comparaison externe.

Nous avons tenté de comparer la population suivie de près (correspondant à ce que nous avons appelé l'observation "de niveau 1 et 2") à la population globale (observation "de niveau 0"). Force est de reconnaître que, sur ce point, les résultats ne sont pas vraiment exploitables : trop d'éléments nous manquent sur cette population, ses conditions de formation et d'exercice, pour que les quelques résultats apparus en VI soient vraiment exploitables (nous n'avons pas pu mesurer non plus d'éventuels pénomènes d'osmose entre les stagiaires sur lesquels nous avons exercé une certaine pression et la population globale : on peut cependant difficilement soutenir que l'échantillon suivi constituait, en année de formation où les regroupements étaient réguliers, un système isolé...[37]).

Si cette recherche devait être poursuivie, nous privilégierions donc, sans doute, une méthodologie de comparaison interne.

---

[37] L'étude de ces phénomènes d'osmose pourrait d'ailleurs constituer un sujet de recherche tout à fait intéressant.

3. Sur des prolongements nécessaires.

Une poursuite de notre recherche nous amènerait aussi à préciser deux points décisifs.

- La typologie mise en place. Le choix des variables "expérimenté" et "positif" s'est révélé certes producteur. Mais l'imprécision de ces termes nous a contraint à des compléments de circonstance ("non positif ouvert"...). Préciser ces termes permettrait sans doute une analyse plus fine et plus rigoureuse des évolutions. Il serait intéressant aussi de croiser cette typologie avec la pratique mathématique des stagiaires [38] . Il serait enfin utile de faire la liste des autres variables pertinentes ou supposées telles (nous avons évoqué par exemple dans le cours de ce rapport l'absence de la variable "sexe") ;

- La mise en relation de certaines réponses avec cette typologie.

Deux exemples :

- *"les calculatrices empêchent certains apprentissages élémentaires"*. Nous avons souvent trop rapidement associé la réponse "oui" à cette question avec un point de vue négatif sur les calculatrices. Or le suivi de certains stagiaires (comme Sf en V) indique clairement que la réponse "oui" peut être liée à un point de vue positif sur les calculatrices et en même temps à une prise de conscience de la complexité de l'intégration de ces outils dans le cours de mathématiques ;

- *"les calculatrices favorisent le débat scientifique dans la classe"*. Nous avons aussi trop rapidement associé la réponse "oui" à cette question à une pratique réelle d'échange entre le professeur et les élèves. L'observation dans les classes révèle pourtant l'ambiguïté de l'expression "débat scientifique". Pour certains stagiaires, le débat scientifique correspond à tout ce qui n'est pas cours magistral, ce qui entraîne un élargissement du rôle du professeur : en plus de gérer les mathématiques, il gère aussi les appareils des élèves ; c'est le rétroprojecteur "cinéma !". Pour d'autres stagiaires au contraire, il y a réelle tentative de dévolution des problèmes, de traitement collectif de ceux-ci.

4. Sur les résultats de la recherche.

Cette recherche débouche sur quelques résultats pratiques que nous soumettons à l'IUFM et à la MAFPEN.

- Des propositions pour la formation initiale des professeurs de mathématiques.

Celles-ci concernent principalement l'IUFM. On trouvera certaines de ces propositions détaillées en Annexe 1 et 3.

- la constitution d'une banque de données des mémoires professionnels, inexistante à ce jour à l'IUFM de Montpellier, nous apparaît décisive. Disponible pour les professeurs en formation comme pour les professeurs en exercice, elle permettrait de

---

38 On trouvera en Annexe 2 une amorce de cette réflexion : il s'agit de l'étude des modes de résolution de l'exercice tanx=100x proposé en début d'anné, en relation avec la typologie dégagée. De premiers croisements sont opérés à cette occasion avec d'autres typologies (en particulier celle contenue dans la thèse de L. Trouche [Trouche, 1997]).

disposer de points de vues variés sur des questions aujourd'hui problématiques. Le travail dans les nouveaux environnements technologiques en est une ;

- la mise en place d'une politique systématique de prêt par l'IUFM de "mallettes" de calculatrices (comportant une plaquette de rétroprojection, un lot de 20 calculatrices individuelles avec les modes d'emploi correspondant) nous paraît aussi susceptible de provoquer des évolutions importantes. Un tel prêt n'existe pas à ce jour ; les professeurs stagiaires sont donc dépendants du matériel existant (ou plutôt inexistant) dans leur établissement d'affectation. Il nous paraît que le choix de calculatrices symboliques, permettant les changements de registres les plus riches, serait pour ces mallettes le plus adapté. L'expérience de cette année a montré que l'intégration de ce type de matériel était possible, en lycée comme en collège ;

- l'organisation de séances de formation à ce type de matériel et "l'accumulation primitive" d'un stock de séquences analysées (a priori et a posteriori) découlant de l'observation des séances "avec mallettes". On pourrait à cette occasion faire ressortir différents types d'intégration possible des calculatrices dans les classes (cf. Annexe 3).

- Des propositions pour la formation continue des professeurs de mathématiques.

Ces propositions s'adressent à la MAFPEN. Elles sont plus vagues, car le secteur de la formation continue n'était pas l'objet principal de notre étude. Cependant l'observation comparée des formations initiale et continue (cf. Annexe 3) peut donner quelques idées :

- nous avons vu l'importance, pour la formation, des immersions dans des dispositifs expérimentaux, par exemple les classes dont tous les élèves sont pourvus de calculatrices symboliques (il y en a deux à notre connaissance dans l'académie, une à Clermont l'Hérault, l'autre à Montpellier). Pourquoi ne pas organiser des stages qui consisteraient, pour des professeurs en formation continue, collectivement (par groupes de 3 par exemple) à assister à plusieurs cours dans de telles classes, à en discuter les modalités, à construire et à exécuter des séquences eux-mêmes dans ce contexte, à tester la reproductibilité de ces constructions dans d'autres contextes, à en discuter les résultats ?

- nous avons relevé (cf. Annexe 3) certains aspects complémentaires, dans les conceptions et comportements, des professeurs en formation initiale et des professeurs en formation continue. La confrontation des deux populations dans des sessions communes de formation serait sans doute très utile. Pour cela, il conviendrait d'ouvrir plus largement les stages du plan académique de formation aux professeurs PLC2.

- Des propositions communes pour l'IUFM et la MAFPEN.

Celles-ci sont peut-être sur le plan institutionnel plus difficilement concrétisables. Il nous semble cependant que l'IUFM (sur le plan de la formation initiale) et la MAFPEN (sur le plan de la formation continue) disposent aujourd'hui de potentiels très importants et à bien des égards complémentaires. Est-il possible que les enseignants engagés dans un type de formation puissent intervenir, au moins ponctuellement, dans l'autre ? Il y a probablement dans cette interaction entre l'IUFM et la MAFPEN des pistes intéressantes à explorer.

5. Sur les fondements de la recherche entreprise.

Il n'est sans doute pas inutile, au terme de ce rapport, d'en revenir, par un effet de "zoom arrière", au cadre le plus général de notre travail. Nous avons réfléchi pendant deux ans à la formation initiale des professeurs concernant les nouveaux environnements technologiques.

L'expression même situe cette étude dans le cadre d'une "problématique écologique" [39], à un double niveau :

- quelles sont, pour l'enseignement des mathématiques lui-même, les conditions de viabilité de tels environnements ?
- quelles sont, pour la formation initiale, les conditions de viabilité d'une préparation à l'enseignement dans de nouveaux environnements technologiques ?

Sur le première niveau, on dispose déjà de nombreuses références (cf. bibliographie). Le deuxième niveau pose de façon aiguë les problèmes des rapports entre le système de formation des enseignants et le système d'enseignement lui-même. Il s'agit, pour la formation aux nouvelles technologies, d'anticiper les transformations à l'oeuvre dans le système éducatif, de telles façon que les enseignants issus aujourd'hui de l'IUFM puissent évoluer demain dans ces nouveaux environnements. C'est ce qui justifie ce que nous avons appelé une certaine "pression didactique", pour éviter que les professeurs stagiaires ne reproduisent les habitudes de travail (héritées de leur passé d'élèves de lycées, de l'université - où les calculatrices sont quasiment inutilisées - ou rencontrées lors de leurs stages en responsabilité).

On pourrait objecter qu'un changement isolé dans le processus de formation a peu de chance d'être suivi d'effets à long terme, et qu'il faudrait plutôt envisager une réforme d'ensemble du système éducatif, de l'école à l'Université. Nous avons cependant mis en évidence dans ce rapport que des modifications non négligeables pouvaient être obtenues à partir du dispositif de formation initiale des professeurs. La viabilité de ces propositions dépendra évidemment de l'accueil que l'IUFM leur réservera.

Sur ce point, nous sommes très intéressés par les réactions que notre travail aura suscitées auprès des différents protagonistes de la formation initiale des professeurs de mathématiques.

---

[39] Voir, sur ce point, le cours de M. Artaud lors de l'Ecole d'Été de Didactique, Août 1997, Houlgate (Actes à paraître en 1998).

Bibliographie

Bibliographie

Cette bibliographie, sans être exhaustive, propose un aperçu des écrits concernant les calculatrices et leur intégration dans l'enseignement des mathématiques.

Ces écrits correspondent à l'un et/ou l'autre des trois points de vues suivants :

- l'analyse des actions de formations (ce qui correspond à la partie I. Formation des maîtres),

- les problèmes que soulève cette intégration et des discussions auxquelles elle donne lieu, soit par une analyse des comportements des acteurs, enseignants et élèves, soit par des analyses des processus cognitifs mis en jeu (ce qui correspond à la partie II. Nouveaux outils pour l'enseignement) ;

- les propositions faites par les enseignants pour une intégration effective, activités, pratiques de classe (ce qui correspond à la partie III. Propositions pratiques pour l'enseignement).

I. Formation des maîtres

Baron Georges-Louis et Eric Bruillard. 1993. *La prise en compte de l'informatique dans la formation des enseignants. Etude de cas dans un IUFM.* Rapport technique INRP 93-4-092.

Bernard René et Christian Faure, Maryse Noguès, Luc Trouche. 1996. *Les outils de calcul dans la formation initiale des maîtres.* Rapport de recherche intermédiaire. IREM de Montpellier.

Bright G.-W. et W.-P. Love. 1994. *Introductory Calculator Inservice for Middle School Mathematics Teachers* in Jl of Technology and Teacher Education, 2(2).

Cuppens Roger. 1989. *Apports possibles de l'Intelligence Artificielle à la formation des maîtres en mathématique.* Bulletin Inter-IREM n°3 de la commission Inter-IREM Mathématiques et Intelligence Artificielle.

Noguès Maryse et Luc Trouche. 1997. *Les outils de calcul dans la formation initiale des maîtres en mathématiques.* Actes du XXIIIème colloque Inter-IREM des formateurs et professeurs de mathématiques chargés de la formation des maîtres, pp 67-78. IREM de Montpellier.

Robert Aline. 1996. *Réflexions sur la formation professionnelle initiale des professeurs de mathématiques des lycées et collèges.* Repères-IREM n° 23.

II. Nouveaux outils

Abboud Blanchard M. 1994. *L'intégration de l'outil informatique à l'enseignement secondaire des mathématiques : symptôme d'un malaise.* Université de Paris VII. Thèse de doctorat.

Artigue Michèle. 1994. *Un regard didactique sur l'utilisation des outils de calcul formel dans l'enseignement des mathématiques.* Actes de l'université d'été : "Les outils de calcul formel dans l'enseignement des Mathématiques, IUFM de CAEN.

Artigue Michèle. 1995. *Une approche didactique de l'intégration des EIAO à l'enseignement.* Equipe DIDIREM, Environnement Interactifs d'Apprentissage avec ordinateur. Eyrolles. Paris.

Artigue Michèle. 1996. *Intégration de calculatrices complexes dans l'enseignement des mathématiques au lycée.* IREM de Paris VII.

Artigue Michèle, Jean-Philippe Drouart et Jean-Baptiste Lagrange. 1996. *Impact de l'intégration de logiciels de calcul symbolique dans l'enseignement sur les représentations et pratiques mathématiques des élèves de l'enseignement secondaire.* IREM de Paris VII.

Balacheff N. et M. Vivet. 1994. *Didactique et intelligence artificielle.* Recherches en didactique des Mathématiques, vol 14/1.2. Edition La pensée sauvage : Grenoble.

Bitter G.-G. et M.-M. Hatfield. 1993. *Integration of the Math Explorer Calculator into Mathematics Curriculuml : The Calculator Project Report,* Jl. of Computers in Mathematics and Science Teaching,12(1).

Bruillard Eric. 1994. *Quelques obstacles à l'usage des calculettes à l'école : une analyse.* Grand N, n°53.

Bruillard Eric. 1995a. *Usage des calculatrices à l'école élémentaire et au début du collège.* Rapport de recherche. IUFM de Créteil.

Bruillard Eric. 1995b. *Quel(s) rôle(s) attribuer aux instruments informatiques dans l'enseignement des mathématiques ?* Bulletin APMEP, n° 401, pp893-901.

Canet Jean-François, Jacques Delgoulet, Dominique Guin et Luc Trouche. 1996. *Un outil personnel puissant qui nécessite un apprentissage et ne dispense pas toujours de réféchir.* Repères-IREM, n° 25, pp 65-82.

CNP. 1992. *Le calcul et les calculatrices.* Déclaration du Conseil National des Programmes. Ministère de l'Education Nationale et de la Culture.

Collins Harry M. 1992. *Expert Artificiels - Machines intelligentes et savoir social.* Seuil. Traduction française.

Cornu B. 1992. *L'ordinateur pour enseigner les mathématiques.* Nouvelle enyclopédie Diderot, PUF.

Cuppens Roger. 1994. *Les moyens de calcul modernes vont-ils révolutionner l'enseignement des mathématiques,* Bulletin APMPEP, n°394.

Dagher Antoine. 1994. *Apprentissage en environnement informatique des relations entre registres graphique et algébrique de représentation des fonctions.* In Vingt ans de didactique des mathématiques en France, pp 379-387. Grenoble. La Pensée Sauvage Édition.

Dieval A., J.-L. Leullier et S.Warins. 1990. *La calculatrice au collège.* IREM de Picardie.

Fine & Fleener. 1994. *Les calculatrices comme instruments pédagogiques.* Journal of Computers in Mathematics and Science of Teaching. 13.1, 83-100 (USA).

Germoni M. 1992-1993. *Calculatrices au collège.* IREM de Nice. Tome 1-2-3.

Guin Dominique. 1996. *Étude des modes d'appropriation de calculatrices graphiques et symboliques dans une classe de seconde.* IREM de Montpellier.

Kuntz Gérard. 1993. *L'outil informatique ne peut donner que ce qu'il a.* Repères-IREM N°11.

Lattuati Marie et Isabel Santos Rodrigues. 1996. *La partie cachée de l'iceberg ou l'évaluation scolaire et la calculatrice en TS.* Bulletin APMEP, n° 407, pp 672-677.

Lattuati Marie et Isabel Santos Rodrigues. 1995. *A propos de l'utilisation des calculatrices au lycée.* Cahier DIDIREM n°25.

Rabardel Pierre. 1995. *Les hommes et les technologies : une approche cognitive des instruments contemporains.* Armand Colin.

Robert Aline. 1993. *Eléments de reflexion sur l'utilisation des calculatrices programmable en première S et en terminale C et E.* Repères IREM n°11.

Roy Marie Françoise. 1995. *La recherche universitaire en calcul formel.* Bulletin APMEP n°401, pp 937-941.

Slawny Francis. 1995. *Place de l'informatique dans l'enseignement des mathématiques.* Bulletin APMEP, n° 401, pp 902-910.

Tall David. 1992. *L'enseignement de l'analyse à l'âge de l'informatique.* In l'ordinateur pour enseigner. Paris P.U.F.

Trouche Luc. 1992. *Les calculatrices graphiques au lycée : statut pour l'élève, statut pour le maître.* DEA de Didactique. IREM de Montpellier.

Trouche Luc. 1994. *Calculatrices graphiques : la grande illusion.* Repères-IREM n°14.

Trouche Luc. 1995. *E pur si muove.* Repères-IREM n°20, pp 16-28.

Trouche Luc. 1996b. *Masques.* Repères-IREM n°24.

Trouche Luc. 1996c. *A propos de l'étude des limites dans un environnement calculatrice, étude des rapports entre processus de conceptualisation et processus d'instrumentation.* Thèse de Doctorat. Université de Montpellier II.

III. Activités

Amalberti Robert (questions à). 1995. *DERIVE et la programmation fonctionnelle.* Bulletin APMEP n° 401, pp 911-923.

Arnaud René, Edith Blanck et Cathy Papaix. 1995. *Calculatrices, quelques pièges à éviter.* Repères-IREM, n°20, pp 29-44.

Bernard René. 1995. *Observer et agir, mathématiques en seconde générale et technologique*. IREM. Université de Montpellier II.

Bernard René, Christian Faure, Maryse Noguès, Yvon Nouazé et Luc Trouche. 1994. *Des activités mathématiques en classes scientifiques (1S et TS)*. IREM de Montpellier.

Bernard René, Christian Faure, Maryse Noguès, Yvon Nouazé et Luc Trouche. 1995. *Des fonctions et des graphes*. IREM de Montpellier.

Bernard René, Christian Faure, Maryse Noguès, Yvon Nouazé et Luc Trouche. 1995b. *Arithmétique, le retour*. IREM de Montpellier.

Bonin M. 1990. *L'informatique en mathématiques au lycée : quelques pistes*. IREM de Grenoble.

Bouvier J.-P. et Y. Olivier. 1994. *Calculatrices en Mathématiques*. CRDP de Poitou Charentes.

Clarou Philippe. 1994-95. *Réflexions à propos de l'uitlisation des calculatrices dans l'enseignement*. Petit X. N° 39 & N° 40.

Faure Christian, Maryse Noguès, Yvon Nouazé et Luc Trouche. 1993. *Pour une prise en compte des calculatrices graphiques au lycée*. IREM de Montpellier.

Les dossiers de l'ingénierie éducative. 1995. *Des outils pour le traçage des courbes*. CNDP.

MEN. 1994. *Enseignement des Mathématiques et logiciels de Calcul Formel, DERIVE un outil à intégrer*. Ministère de l'Education Nationale, Bureau des Innovations Pédagogiques et des Technologies Nouvelles.

Trouche Luc. 1996a. *Enseigner les mathématiques en TS avec des calculatrices graphiques et formelles*. Deux volumes, côté cours et côté jardin. IREM de Montpellier.

Trouche Luc. 1997.*L'intégration des calculatrices symboliques au lycée : un défi mathématiques*. CRDP Montpellier.

Zizi Jacqueline. 1995. *Calcul symbolique et formel*. Bulletin APMEP n°401, pp 926-936.

Annexe I

Une mémoire précaire des mémoires des stagiaires

Annexe 1
Une mémoire précaire des mémoires

Le mémoire professionnel est un élément institutionnel de validation de l'année de stage des PLC 2, il est présenté en fin de stage. C'est un travail personnel réalisé par le professeur stagiaire, en lien avec l'IUFM et en général son professeur tuteur. Il est sans doute révélateur des questions considérées par le stagiaire comme importantes pour l'exercice de sa profession. La forme, le contenu et l'évaluation de ce travail sont variables d'un IUFM à un autre. Il se fait nécessairement en relation avec les réalisations des stagiaires des "promotions" précédentes qui font ainsi référence.

Garder la mémoire des ces mémoires est donc une mission importante des IUFM. Cela implique de mettre au point un protocole de classement et de stockage de ces mémoires. Un tel protocole n'existe pas pour le moment à l'IUFM de Montpellier. Pour mettre au point un tel protocole, nous suggérons ici quelques pistes.

I/ Le séminaire national de didactique du 8 mars 97 [Jussieu]

Nous indiquons ici quelques points qui ont été développés lors de ce séminaire. On y a souligné les fonctions du mémoire professionnel, fonctions :
- de formation ;
- de validation de la formation ;
- de production de savoir ;
- de construction identitaire.

• Présentation des dispositifs de deux IUFM par C. Comiti (professeur à l'IUFM de Grenoble) et J.B. Lagrange (professeur à l'IUFM de Rennes) [40].

• Des variables définissant ce mémoire ont été précisées :

- variable [discipline] :	la discipline d'enseignement ;
- variable [champ d'enseignement] :	savoir dans la discipline ;
	pédagogie ;
	didactique.
- variable [contenu] :	pratique d'enseignement (C1) ;
	projet d'enseignement (C2) ;
	étude d'un phénomène (C3).
- variable [démarche] :	témoignage (D1) ;
	enquête (D2) ;
	démarche de recherche (D3).

Pour illustrer la variations des approches d'un IUFM à un autre, on notera que Grenoble privilégie le couplage (C3-D3) alors que Rennes : (C1,2,3 - D2,3)

• Une grille de lecture des mémoires à été présentée référençant une cinquantaine de modalités. Cette grille (qui n'est pas à finalité évaluative) a permis une double étude statistique : une étude de similarité et une étude implicative.

---

[40] Tous deux sont auteurs d'un ouvrage consacré aux mémoires professionnels en IUFM : *Le mémoire professionnel en IUFM, enquête sur un outil de formation*, à paraître chez De Boek.

II L'IUFM de Montpellier

L'IUFM de Montpellier a rédigé un document à destination des professeurs stagiaires et des conseillers pédagogiques. Ce document décrit les étapes de la validation de l'année de formation pour ce qui concerne le mémoire professionnel.
En voici quelques extraits :

> •*15 à 30 pages dactylographiées, en 3 exemplaires (30 pages en 4 exemplaires pour les C.P.E.) ;*
> •*soutenu devant des commissions formées de deux personnes, dont le tuteur de mémoire ;*
> • *durée de la soutenance :1/2 h avec l'entretien (+1/4 h pour le rapport sur le stage en entreprise en ce qui concerne les C.P.E.).*

Il est précisé que :

> *l'évaluation de la formation des agrégés stagiaires, effectuée par l'IUFM, repose sur les mêmes éléments [...] , le mémoire professionnel (s'il ont choisi de le faire)* [41]*[...]*

Lors des réunions rassemblant les formateurs de l'IUFM et les tuteurs de mémoires, les variables définissant un mémoire professionnel, n'ont pas été explicitées comme lors du séminaire nationale de didactique.
Les mémoire ont été typés :

> • type centré (ex : "l'homothétie en seconde") ;
> • type méthode (ex : "la démonstration") ;
> • type pratique pédagogique
> • type méta (ex : "l'autorité dans la classe").
> • ...

La démarche est plus explicitement précisée et semble rentrer dans le cas référencé D3 (démarche de recherche) :

> • Introduction {la problématique et son contexte};
> • Problématisation ;
> • Observations volume : de 2 à 4 heures ;
> protocole-contexte-objets (à mettre en annexe) ;
> • Analyse {ou seront dégagés les savoir, les variables didactiques...} ;
> • Conclusions et perspectives).

---

[41] 96-97 a peut être connu une mauvaise conjoncture : la plupart des stagiaires agrégés n'ont pas présenté de mémoire.

III Recommandations

1 Préliminaires

Comme souligné lors du séminaire mentionné, il nous semble que ce mémoire professionnel est un acte important, un "acte d'entrée" dans le métier d'enseignant.

Si l'aspect "validation" ne concerne que l'IUFM [42], l'aspect "construction identitaire" et surtout l'aspect "production de savoir" concernent l'ensemble des enseignants.
Nous pensons donc que les deux derniers points devraient être fortement soulignés auprès des stagiaires.

2 Proposition A

Dans cette optique, la création d'une base de données nous semble un moyen efficace et nous suggérons :

- que toute la publicité possible soit faite autour de cette base de donnée ;
- qu'elle soit largement accessible, par les stagiaires bien sûr à l'IUFM, mais aussi par les professeurs, à la bibliothèque de l'IREM par exemple. Les possibilités de consultation et d'approfondissement ainsi ouvertes vont dans le sens de l'aspect "production de savoir" ; elles convaincraient les stagiaires de la pérennité de ce travail, elles les responsabiliseraient vis à vis des collègues et des futures promotions ;
- que les clés d'accès à leur mémoire professionnel soient rédigées par le stagiaire, un bref descriptif du contenu serait supervisé par le tuteur. Ceci irait dans le sens de la "construction identitaire".

Structure de la base de données

Les variables explicitées par [Comiti/Lagrange] peuvent bien sûr être utilisées. Pour rester plus près du format des mémoires tel qu'il est présenté à l'IUFM de Montpellier, on peut, par exemple, proposer :

Clé de rangement	•l'année ;
Clés d'accès	• l'année ; • le type - centré ; - méthode ; - pratique ; - méta • mots clés.
Champs	•*Voir les exemples qui suivent.*
Résultat	•{Années - Noms - Titres - Descriptifs}

[42] A ce sujet, il faut préciser que les professeurs agrégés stagiaires ne sont pas réglementairement soumis à la rédaction d'un mémoire professionnel. Cette différence de traitement est difficilement compréhensible. Elle peut induire l'idée que le mémoire professionnel est une tâche "en plus" qui ne s'applique qu'aux certifiés stagiaires, et n'a donc pas le rôle important d'entrée dans la vie professionnelle que veut pourtant lui attribuer l'IUFM...

Exemples d'objets de la base:

Marjorie BOUTIN	[IUFM Nîmes 1995-96]
directeur :	Luc TROUCHE - Lycée Joffre (Montpellier).
titre :	INTRODUCTION DE CALCULATRICES GRAPHIQUES EN SECONDE, PROCESSUS DE FAMILIARISATION ET PROCESSUS DE CONTRÔLE.
type :	*Pratiques pédagogiques* Production de conjectures, analyse des preuves.

Classe de seconde, après l'étude des fonctions, un problème de résolution d'équations dans le cadre de TP. Un des groupes est muni de calculatrices graphiques (un lot de TI 81 et une rétroprojetable) et travaille en binôme, l'autre groupe travaille sans calculatrice.

Après un TP de familiarisation, un TP d'application, on trouve une étude comparative des performances des deux groupes quant à la production de traces écrites lors des phases de recherche et quant à la production de conjectures et la formulation de preuves.

L'analyse à posteriori révèle la nécessité de préciser un statu de la calculatrice graphique, la nécessité d'un contrôle rigoureux de la formulation verbale des concepts et la grande confusion des notions de résultat exact / approché.

mots clés :	Calculatrices ; rétroprojection ; conjectures ; preuve ; exact ; approché ; équations.

Delphine VOLLE	[IUFM Nîmes 1995-96]
directeur :	René BERNARD - Lycée G. Philipe (Bagnols sur Cèze)
titre :	LES REPRÉSENTATIONS GRAPHIQUES DANS L'ÉTUDE DES FONCTIONS ASSOCIÉES.
type :	*Centré* Observer, conjecturer, prouver.

Classe de seconde, après l'étude des fonctions de référence (et un rappel sur la translation) une séquence sur la représentation des fonctions de type $x \longrightarrow f(x + a) + b$ où f est une fonction de référence. Séquence en plusieurs séances , de l' introduction à l' application (forme canonique des fonctions trinômes et homographiques) avec séance d'évaluation. Le matériel est une TI 82 rétroprojetée.

L'analyse à posteriori confirme la prédominance du «savoir faire» sur le raisonnement, la confusion des concepts de courbes et de fonctions. Les bonnes performances dans les questions de lectures graphiques sont pondérées par les limites d'une construction des savoir par «débat scientifique», méthode en rupture avec les habitudes fermement ancrées d'apprentissage de méthodes.

mots clés :	Calculatrices ; rétroprojection ; conjectures ; preuve ; observation ; translation ; fonctions associées ; courbes.

Jean MACH	[IUFM Montpellier 1996-97]
directeur :	J.- Yves GASCARD Collège Saint-Jean de Védas.
titre :	UTILISATION DES LOGICIELS PÉDAGOGIQUES CABRI-GÉOMÈTRE ET SMAO EN CLASSE DE CINQUIÈME.
type :	*Pratiques pédagogiques*
	Il s'agit d'un compte rendu de treize séances devant des classes de cinquième. Séances au cours desquelles les logiciels CABRI et SMAO ont été utilisés dans la salle informatique du collège et dans la salle de classe. Chaque séance y est décrite avec un compte rendu. En début du mémoire, une description des types de comportements-enseignants vis à vis de l'informatique. Dans l'analyse à posteriori, quelques points de vues sur cette pratique en distinguant CABRI de SMAO, puis des recommandations sur la conduite de la classe lors de telles séances. Il y est fait mention de remarques pouvant être des bases de recherche : un effet «inhibition du travail écrit» par l'ordinateur ; l'aspect «révélateur des niveaux» par le logiciel CABRI et les potentialités de «motivation des élèves en échec» par SMAO.
mots clés :	Ordinateur ; Logiciel ; Preuve ; Cabri ; SMA0.

Emmanuel RADET	[IUFM Nîmes 1996-97]
directeur :	N. C.
titre :	UTILISATION D'UNE CALCULATRICE (LES ERREURS QU'ELLE ENGENDRE) EN CLASSE DE SECONDE.
type :	*Centré : utilisation d'un outil de calcul*
	Le constat initial est la crédulité des élèves devant le résultat affiché par la calculatrice et leurs très faibles compétences quant à la manipulation de cet outil. Il s'ensuit la description d'une activité visant à déstabiliser ce credo, à acquérir quelques savoir faire. Le compte rendu de cette activité est suivi (annexe) de rapports d'élèves révélateurs de la difficulté à faire comprendre les concepts de résultats exacts, de résultats approchés.
mots clés :	Calculatrices ; rétroprojection ; exact ; approché ; programmation.

Remarques

• Le matériel qui peut être suggéré pour la base : Excel , D-Base… sur n'importe quel Mac ou PC en configuration classique.

• La saisie apparaîtra plus légère si elle est faite dans la foulée de la soutenance.

• Quant à ce qui concerne le stockage des mémoires, si on envisage une durée de vie de cinq ans pour un mémoire, en comptant environ soixante stagiaires par an (Montpellier + Nîmes), cela donne cinq piles de 60 brochures (soit cinq piles de 30 cm env.) ce rangement ne paraît pas rédhibitoire.

2 Proposition B

Notre deuxième proposition est peut-être plus difficilement praticable. Les sujets de mémoires des stagiaires recoupent souvent les thèmes des stages de formation continue des professeurs en exercice. Il serait sans doute intéressant, pour les deux parties, que les stagiaires viennent exposer leur problématique lors des stages correspondants :

- à l'épreuve de l'exposé et de la discussion qui suivrait avec des enseignants en exercice, les professeurs stagiaires pourraient être amenés à préciser ou infléchir leur orientation de recherche ;

- les questions posées par des enseignants entrant dans la profession pourraient aussi ouvrir de nouvelles perspectives pour les professeurs "anciens".

Des problèmes de calendrier se posent sans doute pour la mise en oeuvre de cette proposition B. Elle n'est pas de même nature que la proposition A : la mise en mémoire des mémoires professionnels nous semble en effet être une impérieuse nécessité.

Annexe II

Les tris à plat des questionnaires

Annexe 2
Tris à plat du questionnaire d'Octobre.

53 stagiaires (30 stagiaires à Montpellier, 23 à Nîmes) ont répondu. 22 stagiaires (ou 23, l'un d'eux n'ayant pas répondu à cette question) effectuent leur stage en responsabilité en lycée.

I. Matériel

	Type de calculatrice					Utilisation				
	S	P	G	F	total	Be	Ré	Ra	Pa	total
Collège	24	8			**32**	2	10	13	5	**30**
Seconde	16	26	3		**45**	5	14	21	2	**42**
Première	7	29	11		**47**	10	23	11	2	**46**
Terminale	6	22	21		**49**	14	23	9	2	**48**
1° cycle universitaire	6	19	16	9	**50**	9	6	23	11	**49**
2° cycle universitaire	6	10	19	13	**48**	7	4	15	21	**47**
	Dernière calculatrice possédée					**Utilisation estimée**				
	6	13	19	14	**52**	7	16	21	8	**52**

Connaissance la dernière calculatrice qu'ont les stagiaires (52 réponses) :
Très bien : 4 Assez bien : 22 Un peu : 21 Pas du tout : 5
Non réponse : 1

Remarque : on peut croiser les réponses entre utilisation et connaissance pour 51 stagiaires sur 53.

Ordinateur : Oui : 15 Non : 37 Non réponse : 1

II. Usage personnel

Fonctionnalités utilisées

	Beaucoup	Régulièrement	Rarement	Pas du tout
Les opérations élémentaires (+, - , x , / ,$\sqrt{\ }$)	20	16	13	3
Le tracé de courbes	2	15	11	20
Les calculs approchés sur les fonctions	2	7	12	29
L'écriture de programmes	4	8	15	23
Les calculs sur les suites	1	7	13	30
Les statistiques	1	3	10	37
Le calcul matriciel	1	4	10	35
Le calcul exact et formel	0	3	7	39

III. Les calculatrices graphiques, outils pour la classe

1. Degré d'accord avec les affirmations suivantes.

La généralisation des calculatrices graphiques :	Tout à fait	Oui	Très peu	Pas du tout	Non rép.
a. est un "atout" pour l'enseignement des mathématiques	10	25	10	5	3
b. rend les élèves plus autonomes	1	17	21	13	1
c. permet de développer un débat scientifique dans la classe autour de conjectures, de preuves, de réfutations	4	39	6	3	1
d. en facilitant certaines procédures, empêche certains apprentissages élémentaires.	15	31	3	1	3

2. La généralisation des calculatrices graphiques nécessite une modification profonde de l'enseignement des mathématiques ...

du point de vue	Tout à fait	Oui	Très peu	Pas du tout	Non rép.
- du comportement du professeur	4	35	11	2	1
- des exercices donnés	6	27	15	4	1
- du déroulement du cours	0	16	24	10	3
- de l'organisation de la classe	1	17	18	14	3
- du programme lui même	1	13	20	10	9

3. Influence sur l'enseignement des mathématiques :

La généralisation des calculatrices scientifiques (4 opérations)	18
La généralisation des calculatrices programmables	20
La généralisation des calculatrices graphiques	30
La généralisation des calculatrices réalisant du calcul formel	23
Aucun de ses outils n'influence réellement l'enseignement des mathématiques	7

Remarque : Un stagiaire n'a donné aucune réponse.

IV. Pratique pédagogique

Cette année	Oui	Non	Ne sais pas	Non réponse
Activités spécifiques intégrant les calculatrices	26	5	21	1
Activités spécifiques intégrant les calculatrices graphiques	11	34	8	0
Utiliser une calculatrice rétroprojetable	4	41	8	0
Prêt d'un matériel permettant ce type d'activités	8	31	13	1
Plus tard				
Activités spécifiques intégrant les calculatrices	31	4	18	0

V. Exercice

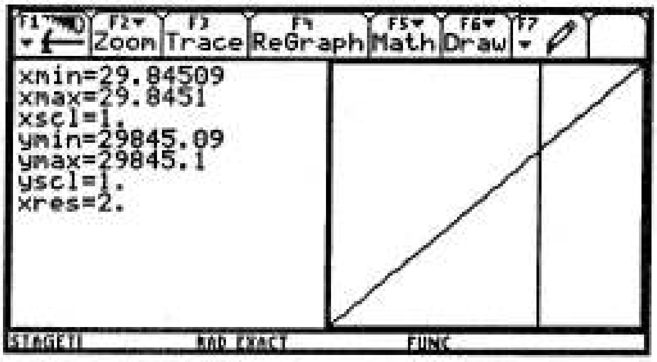
Nous rappelons ci-dessous l'énoncé de l'exercice que devaient traiter les stagiaires.

> "En utilisant une calculatrice graphique, donnez un encadrement à 10^{-5} près de la $10^{\text{ème}}$, $100^{\text{ème}}$ et $1996^{\text{ème}}$ racine positive de l'équation tanx = 1000 x "
>
> - Traiter l'exercice en précisant les étapes de la recherche, et les obstacles éventuels rencontrés...
>
> - Cet exercice vous semble-t-il adapté à une classe de Terminale Scientifique ?
> Si oui, pourquoi, sinon pourquoi ?
> (On pourra proposer d'éventuelles reformulations de l'exercice)

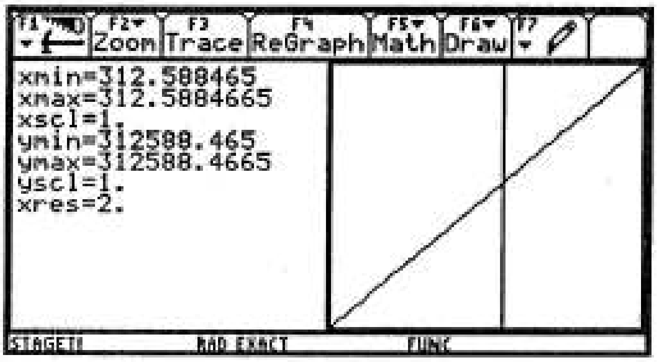
V.1. Éléments de résolution

A propos de la résolution générale de cet exercice, on pourra consulter le rapport intermédiaire IUFM/MAFPEN 1996 qui traite d'un exercice similaire, ou ce rapport même page 22 ; donnons seulement ici quelques indications.

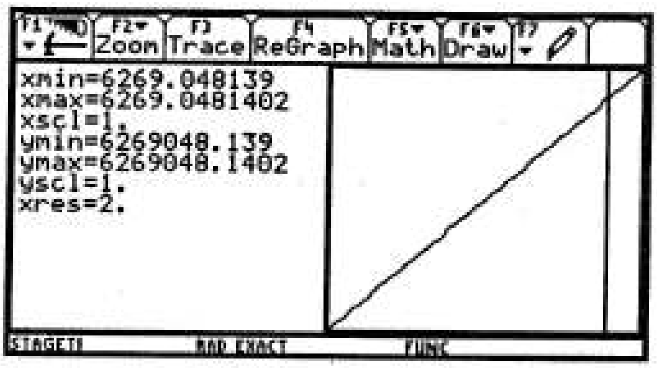
tanx = 1000x, la $10^{\text{ième}}$ racine strictement positive (les stagiaires ont de façon générale compris positive comme strictement positive) appartient à l'intervalle $[9\pi ; 9{,}5\pi]$. On peut en donner, en utilisant les commandes d'une calculatrice graphique, un encadrement d'amplitude 10^{-5} : $29{,}84509 < x < 29{,}8451$.



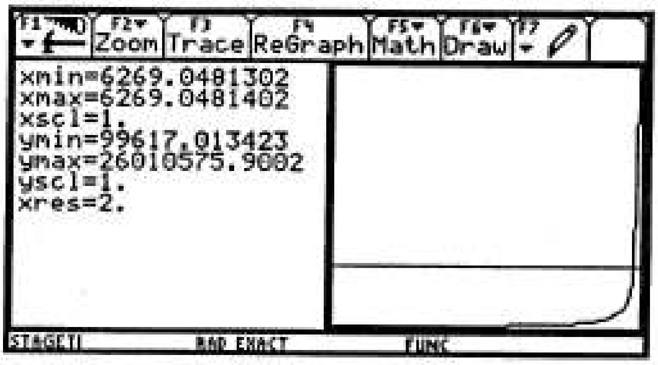
La $100^{\text{ième}}$ racine appartient à l'intervalle $[99\pi ; 99{,}5\pi]$. On peut en donner un encadrement d'amplitude 10^{-5} : $312{,}58846 < x < 312{,}58847$.



La $1996^{\text{ième}}$ racine appartient à l'intervalle $[1995\pi ; 1995{,}5\pi]$. On obtient pour encadrement d'amplitude 10^{-5} : $6269{,}0481302 < x < 6269{,}0481402$.



Notons qu'en privilégiant pour les y , la fonction tangente et non la fonction y =1000x, on visualise différemment l'intersection.



V.2. Les réponses des 53 stagiaires

30 stagiaires "ne traitent" pas l'exercice, ou du moins ne rapportent rien sur leur feuille quant à la résolution qu'ils ont tenté, il n'est pas sûr qu'ils n'aient pas cherché, car comme le fait remarquer un stagiaire :

"Quand je vois les difficultés qu'ont mes collègues à résoudre ce problème alors qu'ils sont très forts en programmation et utilisation des machines, deux réactions me viennent :

- la calculatrice ne résout pas directement, il faut faire une grosse étude mathématique pour parvenir au résultat ("ils ne l'ont pas encore") et de ce côté là, c'est intéressant (beaucoup de discussions, essaient ensemble de surmonter les difficultés...)
- c'est beaucoup plus difficile qu'un exercice "ancien" et je pense que ce problème est beaucoup trop ardu."

De fait parmi les 23 stagiaires qui rapportent leur recherche, aucun ne donnera d'encadrement correct. On peut toutefois regrouper ces réponses selon les diverses stratégies utilisées.

V.2.a. Pas d'utilisation de la calculatrice. (11 réponses)

- Schéma papier/crayon (9 réponses) : l'objectif est de déterminer des intervalles contenant les solutions. Une généralisation du type :

" $n^{\text{ème}}$ solution proche de $(2n-1)\frac{\pi}{2}$ "

est parfois envisagée. Aucun encadrement n'est donné car la machine n'est pas utilisée (semble-t-il).

- Calculs (2 réponses) :

Le premier utilise des développements limités.
Il donne ainsi les valeurs : $n = 10$: solution = 32,98669
$n = 100$: solution = 317,73006
$n = 1996$: solution = 6272,189733.

Ces nombres correspondent en fait à la $11^{ème}$, $101^{ème}$, et $1997^{ème}$ solution car une erreur s'est glissée au début de la résolution, quand ce stagiaire écrit que x_n , $n^{ème}$ solution, est de la forme $n\pi + \frac{\pi}{2} + o(1)$, au lieu de $n\pi - \frac{\pi}{2} + o(1)$. Le procédé utilisé : $x_n = n\pi + \frac{\pi}{2} - \frac{1}{1000\,n\pi} + o(\frac{1}{n})$ donne une approximation des solutions, mais ne fournit pas un encadrement de celles-ci.

Le second essaye de passer par cotan mais il n'aboutit à rien.

V.2.b. Utilisation de la calculatrice. (12 réponses)

- Discours (2 réponses) : ces stagiaires "racontent" ce qu'ils feraient avec leur calculatrice, mais en tous cas ne le font pas...

- Tracé élémentaire sur la calculatrice (5 réponses) des courbes de tanx et de 1000x qui n'aboutit pas aux encadrements voulus. La résolution s'achève par des considérations *sur les difficultés de choix de fenêtres adaptées :*

"Je trouve cela compliqué, je n'y arrive pas !"

"Une droite fuyante et une tangente aplatie. Une approche qui me laisse coit ! Le choix de l'activité (présenter les limites de l'utilisation de la calculette) ne paraît pas des plus heureux. Je hais les machines ! Vive Euclide, les règles et les compas et même les bouliers chinois !"

- Recherche papier préalable (3 réponses) : les intervalles de recherche des solution sont donnés mais ces stagiaires n'arrivent pas tout de même à donner un encadrement.

- Utilisation des possibilité de calcul formel (1 réponse) : le stagiaire en question essaye d'utiliser la commande "solve" de sa Sharp qui devrait lui donner l'approximation à 10^{-10} près, le résultat n'est pas concluant, la dixième solution est située entre 25,94 et 26...

- Aucune justification (1 réponse) : présentée sous la forme :

3133,770300 ($1996^{ème}$ solution).

On peut tout de même penser que cela résulte d'un certain travail avec la calculatrice, dont il ne reste aucune trace.

En conclusion.

Les stagiaires n'arrivent pas à gérer vraiment les possibilités de leur calculatrice et se trouvent face à un exercice qui les déroute. Très peu (une dizaine) ont fait des remarques pour dire si un tel exercice est adapté à une TS, si la moitié sont assez négatives, les autres, même faites par des stagiaires n'ayant pas traité l'exercice, disent : "pourquoi pas ? ". L'un d'eux dit attendre quand même la solution...

V.3 Les réponses des stagiaires correspondant aux observations de niveau 1 et 2

Si nous observons les réponses de ces stagiaires, nous pouvons constater la répartition suivante :

Non expérimenté-Positif	**Expérimenté-Positif**
S9 : pas de réponse, aucune remarque. S10 : pas de réponse, aucune remarque. ――― Sb : utilisation de la calculatrice, recherche papier/crayon préalable, mais obstacles liés au choix des fenêtres.	S3 : pas de réponse, aucune remarque. S4 : utilisation de la calculatrice, recherche papier/crayon préalable, mais obstacles liés au choix des fenêtres. S5 : pas de réponse, estime que l'exercice déborde le programme de terminale et se rapproche trop des limites de la calculatrice. ――― Sa : pas de réponse. Sf : pas de réponse.
Non expérimenté-Non positif	**Expérimenté-Non positif**
S1 : Pas d'utilisation de la calculatrice, calculs à l'aide d'équivalents de tanx. S2 : Dit avoir essayé de traiter l'exercice "sans succès" sans préciser comment, et ajoute "pourquoi pas" proposer cet exercice en terminale. S8 : pas de réponse. ――― Sc : pas d'utilisation de la calculatrice (dit ne pas savoir), schéma papier/crayon pour encadrer les solutions.	S6 : pas de réponse. S7 : pas de réponse.

Quelques remarques à propos de ce tableau.

- Tout d'abord nous avons préféré utiliser les termes "pas de réponse" plutôt que "non traité". En effet, et nous l'avons déjà noté précédemment, les stagiaires n'ayant pas aboutit dans leur recherche ont souvent omis d'indiquer sur leur feuille la démarche qu'ils ont utilisé.
- Parmi les cas où des réponses sont données, nous pourrions peut être qualifier les démarches de recherche de S4 et Sb de "rationnelle-expérimentatrice" (voir à ce propos la thèse de Luc Trouche, référence en bibliographie), celle de Sc de "rationnelle", et celle de S1 de "théorique".

Le plus remarquable dans cette analyse est que le stagiaire le plus opposant aux calculatrices, et à l'expérimentation elle même, (voir le compte rendu de l'entretien) soit celui qui, pour la résolution de l'exercice, ait opté pour une approche complètement théorique.

Cette dernière remarque laisse ainsi entrevoir que les liens entre démarche personnelle de recherche, conception des mathématiques et méthode d'enseignement sont encore à observer . Cela ouvre quelques perpectives de recherche.

Tris à plat du questionnaire de Mai

On trouvera ici les réponses des 38 questionnaires qui ont été retournés par les stagiaires en Mai.

1. Utilisation de la calculatrice :		**Logiciel de mathématiques utilisé :**	
Plus qu'avant :	10	Géométrie :	16
Ni plus ni moins qu'avant :	22	Dérive :	2
Moins qu'avant :	6	Autres :	7
Pas du tout :	0	Aucun :	17
Non réponse :	0	Non réponse :	1

2. Fonctionnalités utilisées : changements :

utilisées :	Plus	Ni plus ni moins	Moins	Pas du tout	Non réponse
les opérations élémentaires (+, -, x, /,$\sqrt{\ }$)	12	23	2	0	1
le tracé de courbes :	6	12	5	15	0
les calculs approchés sur les fonctions :	3	7	5	22	1
l'écriture de programmes :	2	11	5	19	1
les calculs sur les suites :	2	6	8	22	0
les statistiques :	4	10	2	19	3
le calcul matriciel :	0	5	0	31	2
le calcul exact et formel :	2	3	1	30	2

Autres fonctionnalités : 1 réponse seulement : "plus qu'avant pour géométrie".

3. Avis concernant les affirmations suivantes :

Avant La généralisation des calculatrices graphiques :	Tout à fait	Oui	Très peu	Pas du tout	Non rép.
a. est un atout pour l'enseignement des mathématiques	6	15	11	2	4
b. rend les élèves plus autonomes	1	16	10	7	4
c. permet de développer un débat scientifique dans la classe autour de conjectures, de preuves, de réfutations	6	15	11	0	6
d. en facilitant certaines procédures, empêche certains apprentissages élémentaires.	7	19	6	2	4

Maintenant La généralisation des calculatrices graphiques :	Tout à fait	Oui	Très peu	Pas du tout	Non rép.
a. est un atout pour l'enseignement des mathématiques	10	19	6	1	2
b. rend les élèves plus autonomes	2	18	10	6	2
c. permet de développer un débat scientifique dans la classe autour de conjectures, de preuves, de réfutations	12	19	6	0	1
d. en facilitant certaines procédures, empêche certains apprentissages élémentaires.	8	19	7	1	3

Avant

La généralisation des calculatrices graphiques nécessite une modification profonde de l'enseignement des mathématiques du point de vue	Tout à fait	Oui	Très peu	Pas du tout	Non rép.
e. du comportement du professeur	4	18	3	0	13
f. des exercices donnés	6	13	5	0	14
g. du déroulement du cours	2	9	12	1	14
h. de l'organisation de la classe	4	7	12	1	14
i. du programme lui-même	2	5	15	1	15

Maintenant

La généralisation des calculatrices graphiques nécessite une modification profonde de l'enseignement des mathématiques du point de vue	Tout à fait	Oui	Très peu	Pas du tout	Non rép.
e. du comportement du professeur	14	22	2	0	0
f. des exercices donnés	11	21	5	0	1
g. du déroulement du cours	4	20	14	0	0
h. de l'organisation de la classe	6	15	15	2	0
i. du programme lui-même	4	11	19	3	1

4. Pratique pédagogique

Pensez-vous plus tard :	Oui	Non	Ne sais pas	Non réponse
faire des activités spécifiques intégrant les calculatrices	31	1	6	0
faire des activités spécifiques intégrant les calculatrices graphiques	34	1	3	0
faire des activités spécifiques intégrant les calculatrices symboliques	7	11	20	0
utiliser une calculatrice rétroprojetable	20	5	13	0
être intéressé par un prêt de matériel permettant ce type d'activités	25	5	8	0

Annexe III

Formation initiale et formation continue

Annexe 3
Formation initiale, formation continue.

L'équipe qui a réalisé ce rapport était aussi en charge de la formation continue (en ce qui concerne les calculatrices) des professeurs de mathématiques de l'académie de Montpellier.

Tout au long des stages de l'année scolaire 1996/1997, le questionnaire ci-dessous a été proposé aux professeurs en formation continue. Les réponses permettent de comparer certaines conceptions des professeurs en poste et des professeurs stagiaires.

I Le questionnaire

Enquête 1996

Nom et prénom	Homme/ Femme	Classes d'enseignement actuelles (niveaux et sections)	Etablissement d'exercice (nom et ville)

I. Matériel

1. Quel type de calculatrice avez-vous et avez-vous eu et quelle utilisation en avez-vous eue ? (On cochera la case qui convient)

S : 4 opérations, scientifique **P** : programmable **G** : graphique**F** : formelle
Be : beaucoup **Ré** : régulièrement **Ra** : rarement **Pa** :pas du tout

Date approximative	Nom de la calculatrice	Type de calculatrice				Utilisation			
		S	P	G	F	Be	Ré	Ra	Pa
1996									

Estimez-vous connaître la dernière calculatrice en votre possession :
Très bien ❐ Assez bien ❐ Un peu ❐ Pas du tout ❐

2. Avez-vous chez vous un ordinateur ?

Oui ❐ Non ❐
Si oui lequel ?

Quels logiciels utilisez-vous ?
Traitement de texte ❐ Tableur ❐ Logiciel de dessin ❐
Logiciels de math ❐ Logiciels de jeux ❐

II. Usage personnel de la calculatrice

1. Pour votre usage personnel, sur votre calculatrice actuelle, quelles fonctionnalités utilisez-vous ?

	Beaucoup	Régulièrement	Rarement	Pas du tout
Les opérations élémentaires (+, - , x , / ,$\sqrt{}$)				
Le tracé de courbes				
Les calculs approchés sur les fonctions (nombre dérivé, intégrales, résolution d'équations...)				
L'écriture de programmes				
Les calculs sur les suites				
Les statistiques				
Le calcul matriciel				
Le calcul exact et formel				
Autres fonctionnalités (lesquelles ?)				

2. Votre calculatrice vous est utile pour :

	Très	Assez	Peu	Pas
Préparer un texte de problème				
Préparer un cours				
Réaliser ou vérifier un calcul				
Résoudre des problèmes				

3. En tant qu'usager, vous dites de votre calculatrice graphique :
c'est un sous-ordinateur ❐ c'est un ordinateur portable ❐ça n'a rien d'un ordinateur ❐

Par rapport à l'ergonomie du clavier, vous vous dites :
c'est pénible à utiliser ❐ on arrive à s'y faire ❐ c'est bien fait ❐

Quant à l'écran graphique, vous pensez :
images trop grossières ❐ images acceptables ❐ images efficaces ❐

Et enfin, par rapport aux fonctionnalités déjà citées, vous les jugez :
sommaires ❐ efficaces ❐ imprécises ❐ peu fiables ❐

III. Les calculatrices graphiques, outils pour la classe

1. Donnez votre degré d'accord avec les affirmations suivantes.

La généralisation des calculatrices graphiques :	Tout à fait	Oui	Très peu	Pas du tout
a. est un atout pour l'enseignement des mathématiques				
b. rend les élèves plus autonomes				
c. permet de développer un débat scientifique dans la classe autour de conjectures, de preuves, de réfutations				
d. en facilitant certaines procédures, empêche certains apprentissages élémentaires. Si oui, dans quel domaine ?				

2. La généralisation des calculatrices graphiques nécessite une modification profonde de l'enseignement des mathématiques ...

Du point de vue...	**Tout à fait**	**Oui**	**Très peu**	**Pas du tout**
du comportement du professeur (en quoi ?)				
des exercices donnés (en quoi ?)				
du déroulement du cours (en quoi ?)				
de l'organisation de la classe (en quoi ?)				
du programme lui-même (en quoi ?)				

3. Influence des calculatrices sur l'enseignement des mathématiques. Noter : -2 (très néfaste), - 1, 0 (sans influence), 1, 2 (très positive) les assertions suivantes :

La généralisation des calculatrices scientifiques (4 opérations) ❐

La généralisation des calculatrices programmables ❐

La généralisation des calculatrices graphiques ❐

La généralisation des calculatrices réalisant du calcul formel ❐

Quels commentaires plus particuliers voulez-vous faire à propos de cette question ?

IV. Pratique pédagogique

1. Avez-vous déjà utilisé une (des) calculatrice(s) en classe ?

Oui ❐ Non ❐

Si oui, s'agissait-il de : calculatrices personnelles des élèves ❐
calculatrices individuelles fournies par l'établissement ❐
calculatrice rétroprojetable ❐

2. Avez-vous utilisé ces calculatrices avec vos élèves pour :

	Beaucoup	Régulièrement	Rarement	Pas du tout
Les opérations élémentaires (+, - , x , / , $\sqrt{\ }$)				
Le tracé de courbes				
Les calculs approchés sur les fonctions (nombre dérivé, intégrales, résolution d'équations...)				
L'écriture de programmes				
Les calculs sur les suites				
Les statistiques				
Le calcul matriciel				
Le calcul exact et formel				

Autres fonctionnalités (lesquelles ?)

3. Cette année, dans vos classes :

Envisagez-vous des activités spécifiques intégrant les calculatrices ?
Oui ❐ Non ❐ Je ne sais pas ❐

Envisagez-vous des activités spécifiques intégrant les calculatrices graphiques ?
Oui ❐ Non ❐ Je ne sais pas ❐

Envisagez-vous des activités spécifiques intégrant les calculatrices formelles ?
Oui ❐ Non ❐ Je ne sais pas ❐

Envisagez-vous d'utiliser une calculatrice rétroprojetable ?
Oui ❐ Non ❐ Je ne sais pas ❐

Seriez-vous intéressés par le prêt d'un matériel permettant ce type d'activités (rétroprojecteur, lot de calculatrices graphiques...)
Oui ❐ Non ❐ Je ne sais pas ❐

V. Formation

1.Quelle formation souhaiteriez vous par rapport aux calculatrices ?

2. Quelles sont vos attentes spécifiques par rapport à ce stage ?

<u>*II La population de cette enquête*</u>

Il s'agit de professeurs inscrits aux stages du plan académique de formation (PAF) de l'Académie de Montpellier pour l'année scolaire 1996/97 (les stages du "PAF 1" sont liés à des choix individuels de formation, les stages du "PAF 2" sont liés à des projets de formation d'établissements) :

PAF 1 :	[Calculatrices graphiques en Bac Pro	96 TCA 105N];
PAF 2 :	[Liaison 3ème - 2nde à Bagnols	96 SCA 302W];
	[Liaison 3ème - 2nde à Prades	96 SCA 303W].

Les professeurs exerçant uniquement devant des classes de collège ont, en très grande majorité, exprimé leur ignorance, voire leur désintérêt, pour le phénomène «calculatrice graphique». Nous avons donc décidé de ne considérer que les professeurs ayant la charge de classes post-collège, la population de cette enquête est de 44 professeurs.

Deux remarques doivent être faites sur cette population de professeurs présents dans une action de formation continue :

- la moyenne d'âge se situe entre 45 et 50 ans (dans l'académie de Montpellier cette moyenne est un peu supérieure à celle d'autres académies plus "au nord") ;
- ce n'est pas un échantillon représentatif de l'ensemble de la population des professeurs ; en effet, il s'agit là de professeurs volontaires pour suivre une formation. On peut émettre l'hypothèse qu'il s'agit là d'un échantillon se situant de façon plus positive vis à vis des nouvelles technologies que l'ensemble de la population dont il est issu.

Chaque fois que cela était pertinent, les résultats de cette enquête ont été croisés avec celle réalisée auprès des professeurs stagiaires (PLC2) dans les IUFM de Montpellier et Nîmes , enquête dont le protocole, le texte et le dépouillement commenté sont présentés au III 1. Rappelons qu'elle à été réalisée en octobre 96 auprès de 53 professeurs stagiaires.

COMPLETER ICI LA DESCRIPTION DE LA POPULATION

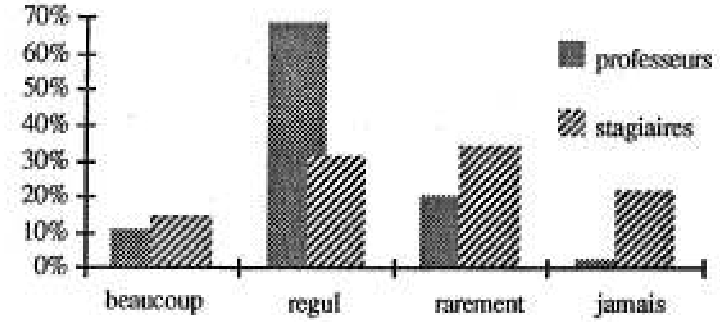
III Rubrique : «le matériel»

Il s'agit d'une population rassemblée autour d'un projet de formation continue, elle se révèle assez bien équipée du point de vue des "nouvelles technologies" surtout si l'on rapproche du même caractère observé chez les professeurs stagiaires à l'IUFM (PLC2) :

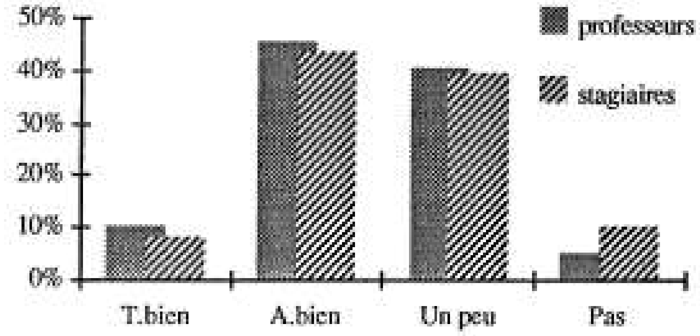
	ordinateur personnel	calc. graphique ou symbolique
PROFESSEURS	43%	90% (symboliques : 16%)
STAGIAIRES	28%	60% (symboliques : 25%)

L'écart constaté sur l'équipement en ordinateurs s'explique très naturellement si on est convaincu que «ordinateur personnel» doit plutôt s'entendre comme «ordinateur familial». Par contre, pour près de la moitié des stagiaires (40%), les calculatrices (graphique et/ou formelles) ne sont pas apparues comme une nécessité lors de leurs études .

A la question relative à l'intensité de l'utilisation des calculatrices, on trouve une répartition très cohérente dans les deux populations (notons toutefois que la série concernant les professeurs en exercice montre une utilisation nettement plus régulière) :



Malgré une utilisation plus régulière, certainement due à une expérience professionnelle plus longue, les deux populations affirment une même compétence quant à la connaissance de l'outil. On obtient des distributions tout à fait semblables :



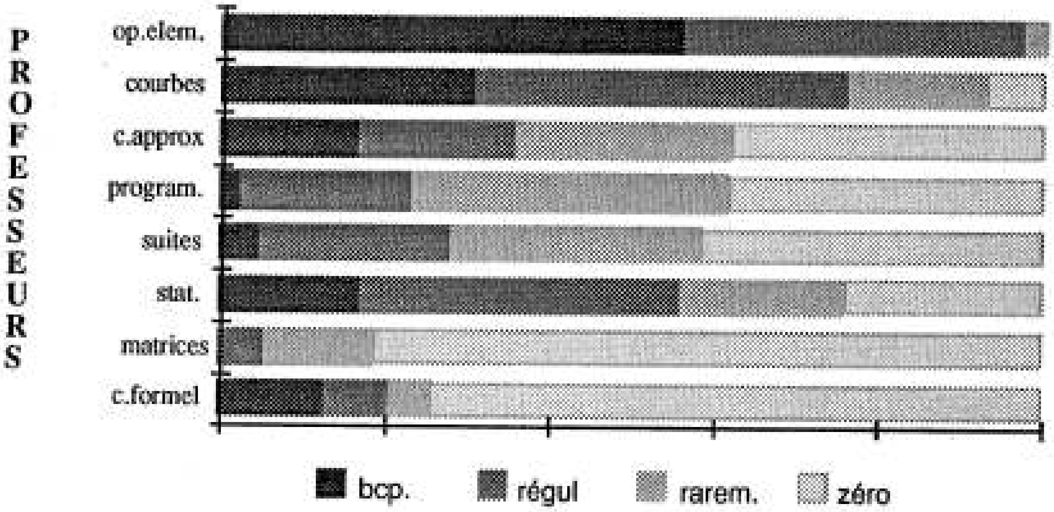
IV Rubrique : «Usage personnel»:

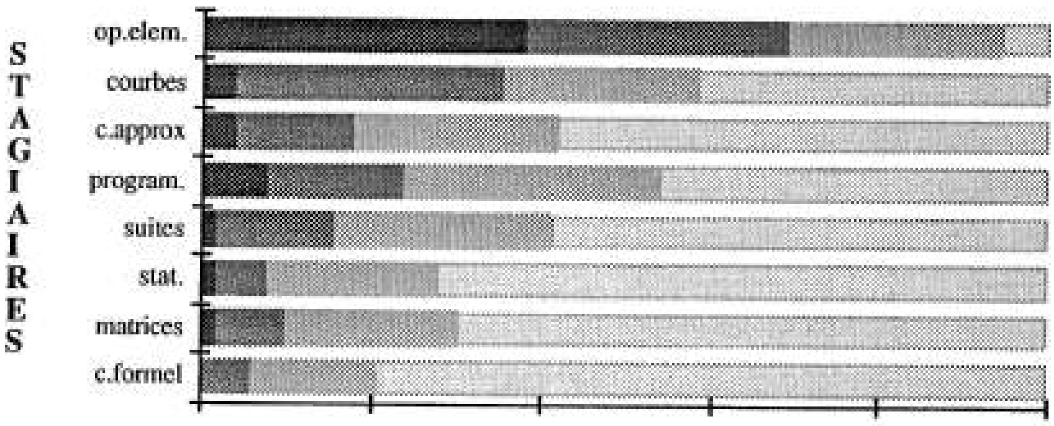
1) Pour votre usage personnel, sur votre calculatrice actuelle, quelle fonctionnalités utilisez vous ?

Les réponses sont présentées dans les deux diagrammes ci-dessous :

- pour les professeurs en exercice, les fonctionnalités anciennes [opérations élémentaires] et [statistiques], sont bien sûr très utilisées mais la fonctionnalité [courbes] est aussi très bien placée. Il est vrai que l'ergonomie des calculatrices graphiques favorise cette utilisation. D'ergonomie moins adaptée, les fonctionnalités associées aux suites [suites] sont assez peu sollicitées ;

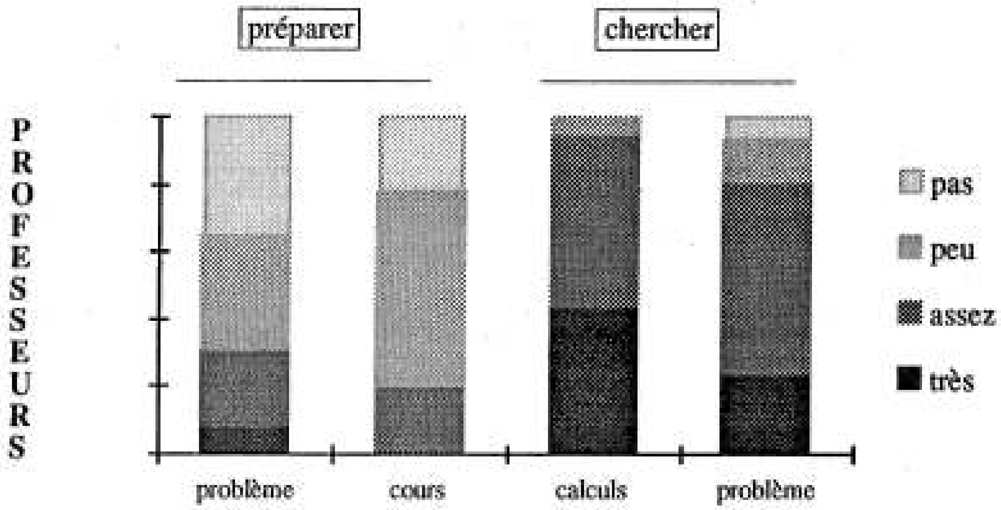
- chez les stagiaires, outre le décalage cohérent avec l'utilisation moins intensive vue dans la question précédente, le diagramme montre une utilisation fortement marquée par les pratiques de l'enseignement supérieur : utilisation beaucoup plus faible des fonctionnalités liées au calcul approché [c.approx], aux représentations graphiques [courbes], aux statistiques [stat.] alors que l'aspect programmation [program.] reste non négligeable . Il faut rappeler que la programmation était un objectif des programmes en vigueur alors que ces futurs professeurs étaient des élèves.





2) *Votre calculatrice vous est utile pour :*

Pour cette population de professeurs, la calculatrice est à usage privé (voir chercher). On note la très faible implication des calculatrices dans la préparation des cours, ce qui est parfaitement cohérent avec leur faible utilisation dans le déroulement des cours.



3) *Appréciation comme usager :*

Pour une très forte majorité des professeurs, ordinateur et calculatrice ne relèvent pas du même concept : une calculatrice **n'est pas** un mini ordinateur.

Pour ce qui est du clavier de la calculatrice, les avis sont partagés entre
«on arrive à s'y faire» : 50%
« c'est bien fait» : 48%

Pour l'écran, les images sont appréciées, quasi unanimement, comme **acceptables**.

De même, les fonctionnalités sont jugées **efficaces** par presque tous. Donc, il n'y a pas d'obstacle perçu au niveau de l'ergonomie de l'outil.

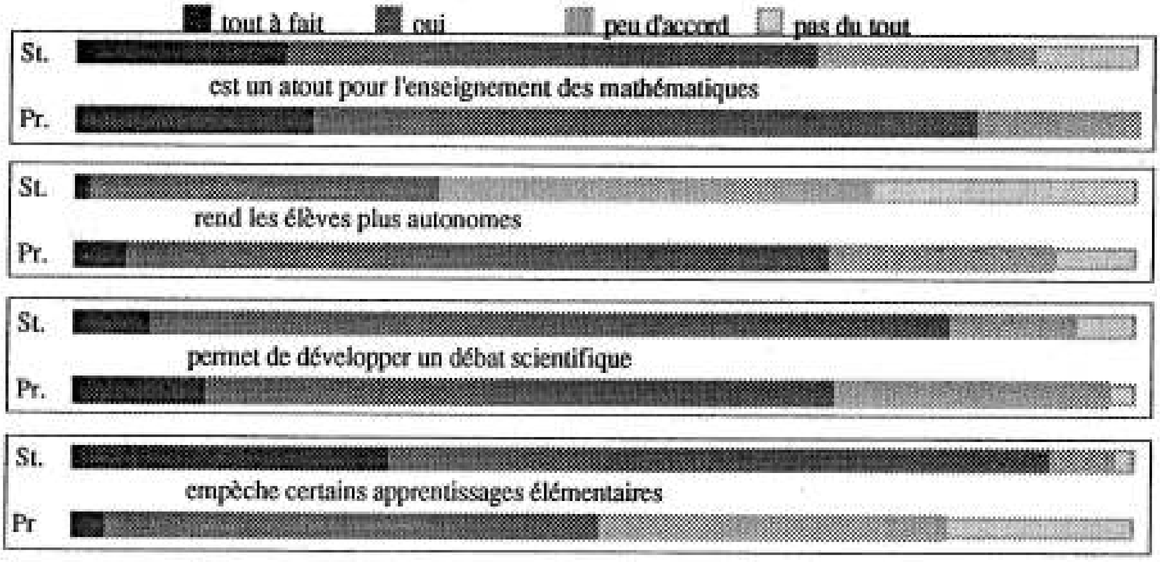
VI Rubrique : «les calculatrices graphiques, outil pour la classe »

1)*Donner votre degré d'accord avec ces perspectives relatives aux calculatrices graphiques*

La perception de l'impact des calculatrices graphiques est présentée ci-dessous en séries parallèles : l'une concerne les professeurs en exercice(Pr.): , l'autre, les stagiaires PLC2 de l'IUFM :(St.).

- chez les professeurs en exercice, en cumulant les modalités exprimant un accord («tout à fait» et «oui»), la calculatrice est perçue comme un outil utile ; 60% à 70% estiment que c'est un atout, qu'elle apporte de l'autonomie aux élèves et qu'elle ouvre des possibilités de débats. Cependant, près de 40% pensent qu'elle crée des obstacles à certains apprentissages fondamentaux. On peut évaluer leur perception globale comme positive.

- chez les professeurs stagiaires, les points de vue se révèlent légèrement en retrait par rapport à celui des professeurs : moins positifs sur les "calculatrices atout" et "l'autonomie des élèves", ils expriment plus nettement leurs réserves en prêtant beaucoup d'effets négatifs aux calculatrices quant aux apprentissages élémentaires. Les "possibilités de débats" apparaissent comme prometteuses, mais les pratiques observées de ces débats nous laissent penser que ces stagiaires ont une vision assez restrictive du "débat" dans la classe de mathématiques.

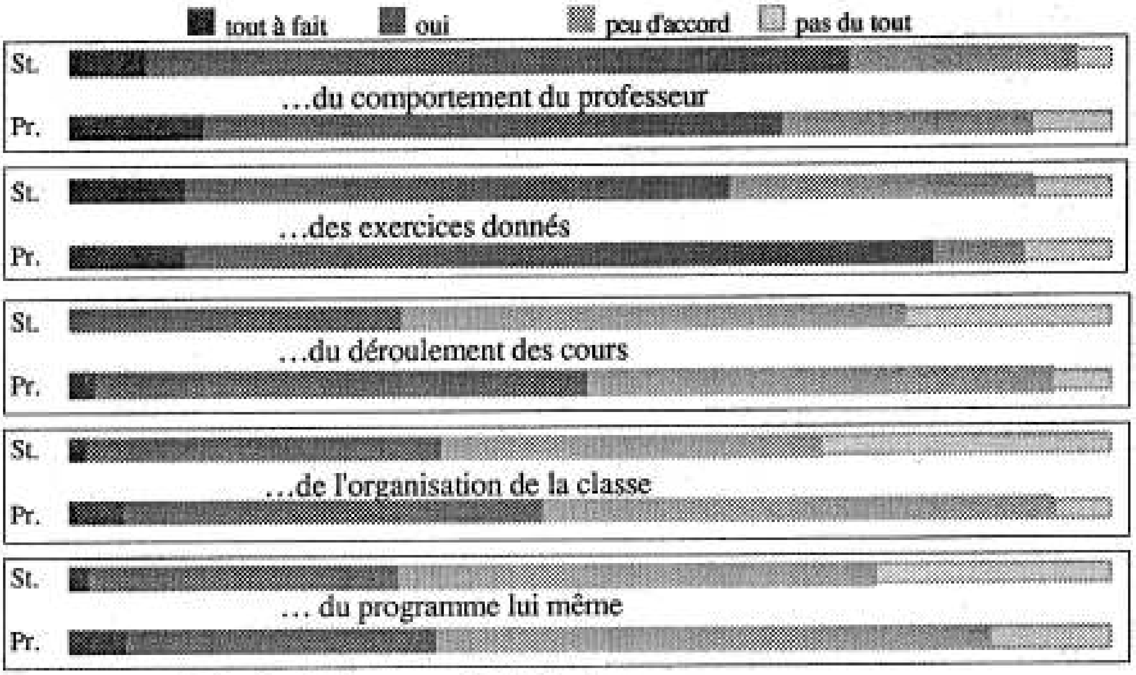


St. : Stagiaires   Pr. : Professeurs

2) *La généralisation des calculatrices graphiques nécessite des modifications profondes…*

Mêmes populations étudiées en parallèle, encore une fois les stagiaires se révèlent plus "conservateurs" que les professeurs .

Il faut rappeler toutefois qu'un groupe de professeurs engagés dans stage de formation continue n'est peut-être pas représentatif de l'ensemble du corps enseignant.



St. : Stagiaires   Pr. : Professeurs

Toutes populations confondues, on peut considérer les professeurs prêts à modifier leur comportement devant la classe (i.e. : ne pas faire l'autruche devant le phénomène "calculatrices"), le souci principal étant de préserver le caractère normatif des exercices qui ne doivent pas être biaisés par l'utilisation des calculatrices.

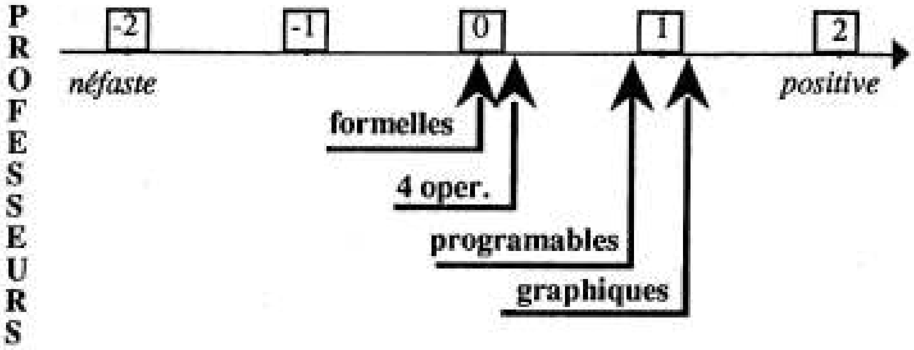
Sur d'autres domaines : déroulement du cours, organisation de la classe et programmes, la remise en question n'est pas vraiment d'actualité.

3) *Influence des calculatrices sur l'enseignement des mathématiques* :

Dans cette rubrique, la population des professeurs en exercice est invitée à noter sur une échelle de -2 (<=> néfaste) jusqu'à +2(<=>positif) les innovations successives qu'ont été les calculatrices quatre opérations, puis programmables, puis graphiques et enfin symboliques. Le diagramme ci dessous localise les barycentres des réponses :

- les calculatrices symboliques sont encore mal cernées et les appréciations exprimées s'équilibrent entre quelques fortement négatives et quelques fortement positives ;

- aux calculatrices graphiques, par contre, est attribuée une influence nettement positive sur l'enseignement des mathématiques.

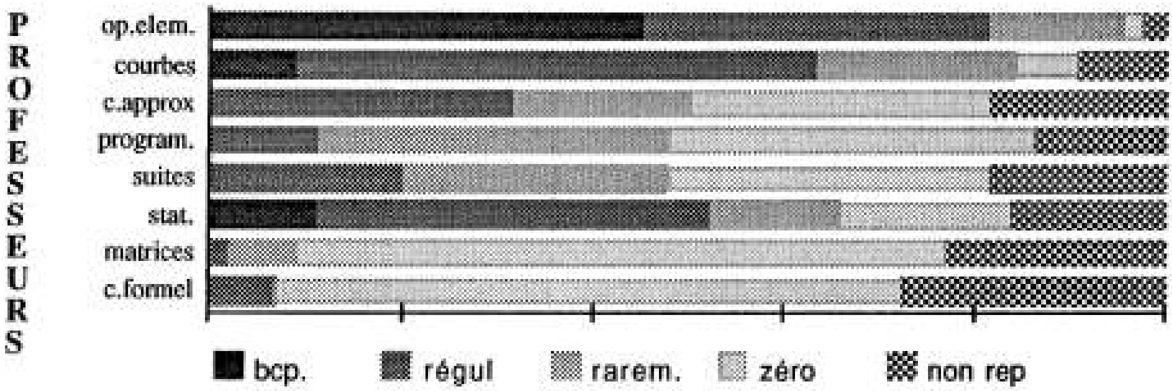


VI Rubrique : «pratiques pédagogiques» :

1) *Avez vous déjà utilisé des calculatrices en classe :*

Une très forte majorité des professeur a déjà utilisé une (des) calculatrice(s) devant une classe : (94%) . Il faut bien sûr entendre "utiliser" au sens le plus large. A signaler un cas d'utilisation d'une rétroprojetable.

2) *Vous avez utilisé, avec vos élèves, des calculatrices pour :*

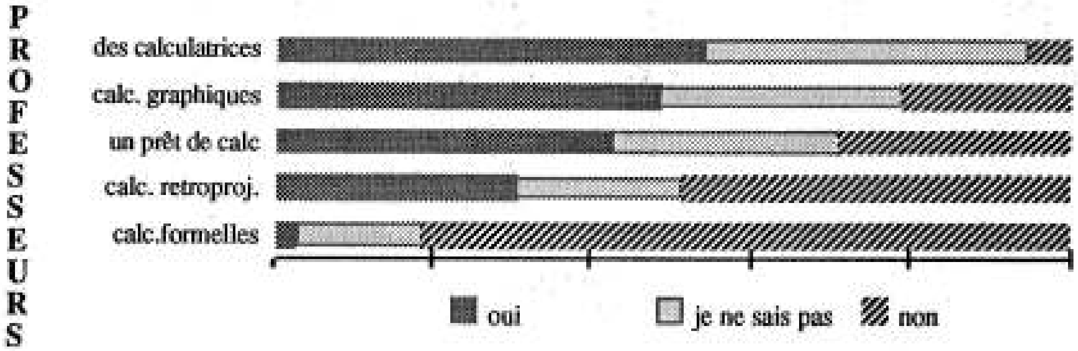


Si on compare avec le diagramme décrivant l'utilisation personnelle, par les professeurs, des fonctionnalités de leur calculatrice (voir rubrique II), on notera la cohérence entre l'utilisation "privée" et l'utilisation "publique" (devant la classe) de la calculatrice : opérations élémentaires, courbes, statistiques.

3) *Perspectives à courts termes*

Il s'agit ici d'évaluer la volonté d'intégration de nouveaux outils dans les pratiques pédagogiques de ce groupe de professeurs .

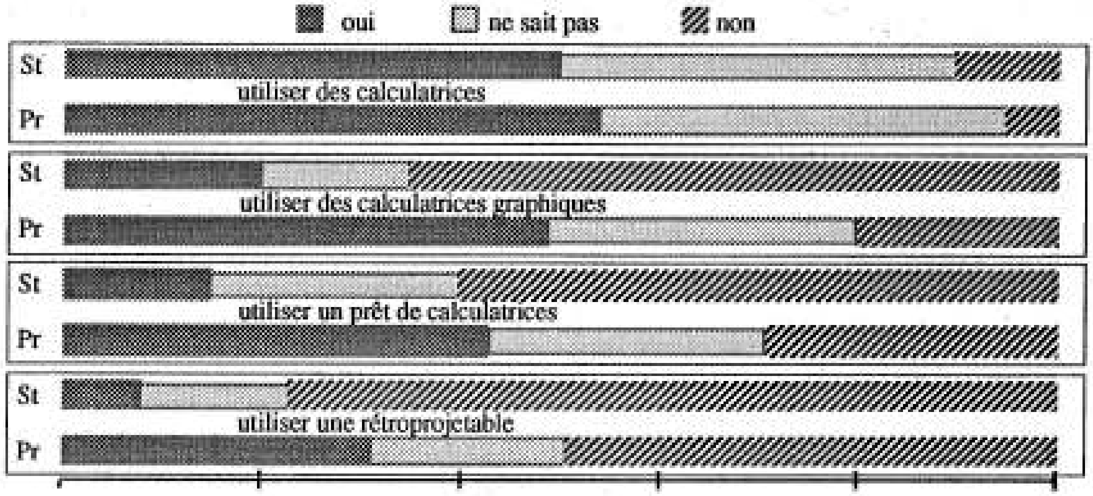
Cette année, dans vos classes, envisagez-vous des activités spécifiques intégrant :



En faisant l'hypothèse[43] que sera bien intégré ce qui est bien dominé (techniquement et pédagogiquement), les fréquences rangées selon un ordre exprimant une volonté décroissante d'intégration (fréquence des «oui» : décroissantes) définissent un ordre qui semble bien être celui du degré d'innovation croissant :

(i.e. :	de	calculatrices élémentaires	<—>	professeurs très volontaristes
	à	calculatrices symboliques	<—>	professeurs très réticents).

La même rubrique, en mettant en parallèle les réponses des professeurs en exercice et celles des stagiaires interrogés en octobre 96, au début de leur année de formation ("*cette année, dans vos classes, envisagez vous ...*") on retrouve le même "ordre" mais les stagiaires se révèlent beaucoup plus réservés (pour ne pas dire : réticents !) vis à vis de l'intégration de ces nouveaux outils.



Remarque :

Comme précisé au début de cette étude, la populations des professeurs enseignant à des classes de collège a été écartée, les questionnaires présentés à ces 16 collègues de collège ayant été trop peu renseignés.

Sur les réponses exprimées on a les résultats suivants :

100% ont utilisé des calculatrices dans leur classe
60% envisagent des activités intégrant la calculatrice
0% envisagent d'utiliser une autre technologie (retro, graphique...)

---

[43] voir page 53

Sur l'intérêt des calculatrices graphiques, seulement 30% se sont exprimés et tous expriment un avis très positif (atout ; débat -...). Les autres (70%) sont des non réponses souvent assorties d'aveux d'ignorance ou de désintérêt pour les calculatrices graphiques.

20% expriment un avis sur les évolution pédagogiques induites et vont dans le sens d'un changement complet des pratiques et contenus. Paradoxes ou rubriques mal complétées : des positions "révolutionnaires" quant aux pratiques (par deux fois) cohabitent avec une attitude de refus complet devant des perspectives d'intégration.

On a, sur cette population encore peu débordée par les nouvelles technologies, des attitudes fortement variée parfois jusqu'à l'incohérence.

VII Conclusions sur ces deux enquêtes parallèles

Précisons encore les deux populations étudiés :

- des profeseurs participant à des stages de formation, on peut donc les imaginer dans une phase réceptive à de nouvelles pratiques pédagogique.

- des stagiaires en IUFM 2ème année avec classes en responsabilité. Même si cela n'est pas toujours explicitement avoué, la perspective d'avoir à conduire une classe obére lourdement les prétentions à une pédagogie originale. D'autre part, la période de leurs études universitaires les a tenus à l'écart de ce que nous appelons le phénomène calculatrices graphiques («...dans toutes les études de math après le bac, je n'ai jamais eu besoin de la calculatrice...»)

Alors que la rubrique [LE MATÉRIEL : compétence] nous donne, pour ces deux populations, deux séries très semblables, la comparaison des séries [LE MATÉRIEL : utilisation] ou [USAGE PERSONNEL] montre des écarts qui peuvent s'expliquer par la "parenthèse universitaire" qu'ont vécu les uns, laissant la calculatrice au fond d'un tiroir, alors que d'autres subissaient, par leurs classes, une "pression technologique" de plus en plus forte.

Dans les rubriques III [CALCULATRICE, OUTIL POUR LA CLASSE], les stagiaires expriment une perception sensiblement plus conservatrice que les professeurs expérimentés. La "parenthèse universitaire" et les charges de classes en responsabilité, peuvent encore justifier ces écarts. Ecarts qui deviennent importants quand on considère la rubrique [PRATIQUES PÉDAGOGIQUES] pour l'année en cours.

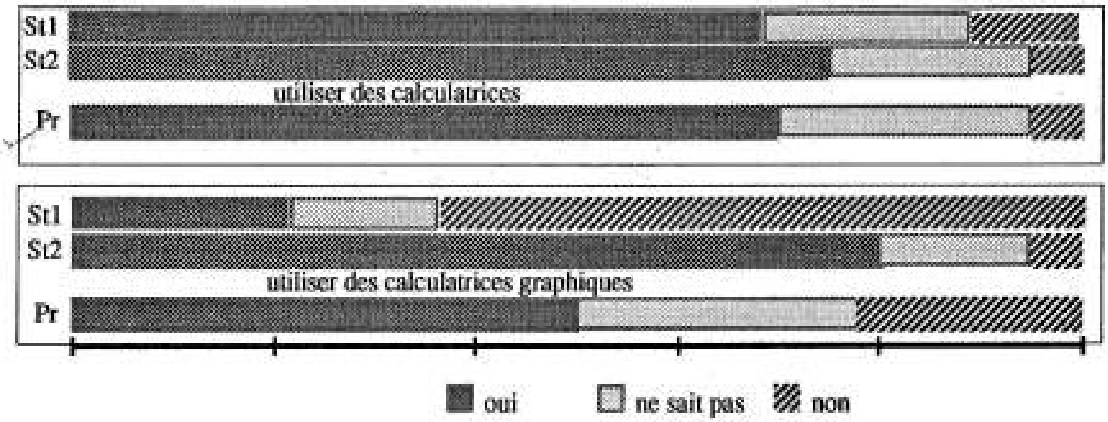
Nous disposons (seulement) d'un questionnaire soumis <u>en Mai</u> aux vingt stagiaires de l'IUFM de Nîmes. On peut, pour cette population, considérer :
- que la tension induite par la responsabilité d'une classe s'est quelque peu dissipée ;
- que "la pression technologique" a été perçue ;
- que, bien sûr, les effets de la formation en IUFM se manifestent.

En mettant en parallèle les réponses (Rubrique : [PRATIQUES PÉDAGOGIQUES] "*pensez-vous faire des activités spécifiques e-...?* ") de ces stagiaires de l'IUFM de Nîmes et celles des professeurs en exercice, on obtient les distributions suivantes où :

$\boxed{\textbf{St.1}}$: Stagiaires, questionnaire d'Octobre

$\boxed{\textbf{St.2}}$: Stagiaires, questionnaire de Mai

$\boxed{\textbf{Pr.}}$: Professeurs



Les réponses des stagiaires, nettement positives, concernant l'utilisation de calculatrices "classiques" (cadre 1) n'ont pas beaucoup évolué et expriment un niveau d'engagement semblable à celui des professeurs en exercice.

En ce qui concerne l'utilisation des calculatrices graphiques (cadre 2), il y a renversement de situation : de "très réservés", ces stagiaires évoluent vers "trés engagés", bien plus engagés que nos professeurs expérimentés . Fougue de la jeunesse ? Coup de chapeau ? il faut cependant souligner les interrogations qui demeurent quant aux problèmes didactiques, révélées lors des entretients ou des observations.

VIII Recommandations

Lors de cette étude sur la formation initiale, nous ne pouvions faire abstraction de nos préoccupations et de notre expérience de formation continue visant à une intégration des calculatrices graphiques et des calculatrices formelles.

Les recommandations qui suivent sur les actions et les moyens sont dirigées vers l'IUFM et la MAFPEN; il relève de leurs compétences d'en préciser le format et la place parmi les autres objectifs de ces organismes.

• D'abord une remarque valide pour les deux formations, remarque dont l'origine et dans nos multiples entretiens avec les stagiaires et dans nos interventions de formation dans le cadre de la MAFPEN.

Dans les attitudes de refus, une confusion de termes fréquente : utiliser une calculatrice moderne et/ou un ordinateur se dit «faire de l'informatique». A de multiples occasions on entend :"moi je suis prof de math, pas d'informatique", "moi l'informatique je n'y comprends rien" ......

Il semble qu'il relève de nos collègues formateurs MAFPEN et IUFM, voire de l'institution, d'évacuer cette confusion (se déplacer en voiture ce n'est pas faire de la mécanique !).Ce n'est peut-être que de la terminologie mais qui est un puissant prétexte de replis sur des positions négatives.

• Recommandations pour la formation initiale :

1) Favoriser la prise de conscience par les stagiaires de leur "parenthèse universitaire". Des séances de cours filmées ou des visites de classes chez des professeurs engagés dans cette démarche pédagogique pourraient être utilisées.

2) Mise à niveau de leurs connaissances quant aux nouvelles technologies. Les compétences nécessaires peuvent se trouver dans l'équipe des formateurs de l'IUFM et/ou des intervenants extérieurs.

3) Repérage des principaux obstacles didactiques. Les mêmes moyens peuvent être complété par une bibliographie ou des extraits.

4) Mise à disposition des stagiaires de matériels (lot de calculatrices , tablettes de rétroprojection ...matériels dont l'IUFM dispose déjà en nombre non négligeable) et une large publicité de ces possibilités de prêt.

5) Mettre en contact des professeurs qui suivent dans une formation (type PAF 2) avec les stagiaires. Il suffit de leur rendre accessibles les stages du PAF organisés par la MAFPEN. Les avantages pour les deux institutions nous paraissent multiples

—> Démystifier certaines images du professeur et de la pratique pédagogique tels qu'ils les ont perçues lors de leur études secondaires.

—> Compléter l'appréhension de la "pression technologique" à laquelle les professeurs en poste ont dû faire face.

—> Décomplexer et catalyser certains types de comportement de stagiaires (tels : S4, Sa, Sb considérés comme positifs peu expérimentés) et dont l'évolution future nous semble fortement dépendante du milieu où ils prendrons leur autonomie d'enseignant.

—> Sensibiliser ces nouveaux collègues à l'intérêt sinon la nécessité d'une formation continue.

6) Utiliser les moyens institutionnels existants de façon concertée (tutorats, pratique accompagnée)

• Recommandations pour la formation continue :

1) Repenser la forme de certains stages : ne peut-on pas imaginer des stages où les professeurs en formation seraient immergés dans une classe conduite par un formateur ? Tout le format de ce type d'action reste à préciser, son intérêt est multiple :

—> Révélation de certains obstacles , démystification d'autres obstacles ;

—> Crédibilité du formateur montrant une expérience en vraie grandeur.

2) En reprenant [Artigue 95 page 25] : la mise au point et la diffusion de recueil de situations d'intégration. Cette publication n'est pas le lieu pour approfondir ce point. Cependant une vision graduée de l'intégration s'exprime dans les populations étudiées et devrait être prise en compte :

- niveau 0 : la calculatrice tableau animé (voir S4, page 139) ;
- niveau 1 : la calculatrice centre de débats ;
- niveau 2 : la calculatrice force un élargissement de la réflexion (voir [BERNARD & al, 1995a] et [TROUCHE, 1995a]) ;
- niveau -1 : les "mauvais problèmes" (voir problème évoqué page 20).

TABLE DES MATIÈRES