



HAL
open science

La TI-92 en première S : compte rendu d'une expérience menée en 1996/97 à la Réunion

Nathalie Aymé, Dominique Tournès

► To cite this version:

Nathalie Aymé, Dominique Tournès. La TI-92 en première S : compte rendu d'une expérience menée en 1996/97 à la Réunion. *Expressions*, 1998, 11, pp.153-164. hal-02406049

HAL Id: hal-02406049

<https://hal.univ-reunion.fr/hal-02406049v1>

Submitted on 12 Dec 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

LA TI-92 EN PREMIÈRE S

Compte rendu d'une expérience menée en 1996/97 à la Réunion

Nathalie AYMÉ

Lycée Antoine-Roussin, Saint-Louis

Dominique TOURNÈS

IUFM de la Réunion

RÉSUMÉ.— En 1996/97, une classe expérimentale de Première S, dans laquelle les élèves étaient équipés de TI-92, a fonctionné dans l'académie de la Réunion. Nous présentons sommairement les modalités pratiques de l'expérience, les options pédagogiques retenues, le dispositif d'évaluation et nos premières conclusions.

1. Origine et mise en place du projet

En 1994, le département de mathématiques de l'IUFM de la Réunion a créé un pôle de formation et de recherche intitulé « Outils informatiques et didactique des mathématiques ». Les premières années, ce pôle s'est structuré selon deux axes : les travaux du groupe *abraCAdaBRI* d'une part¹, diverses expériences d'enseignement utilisant le logiciel MATHEMATICA d'autre part².

L'apparition de la calculatrice TI-92 en novembre 1995 ne pouvait que faire évoluer nos objectifs. Pour la première fois, un outil portable autorisé aux examens et concours intégrait simultanément un logiciel de calcul symbolique et un logiciel de géométrie dynamique. Bien davantage que les précédents, cet outil semblait de nature à entraîner une modification en profondeur de l'enseignement des mathématiques. À la suite d'un passage à la Réunion de

¹ La revue *abraCAdaBRI* est consacrée à des activités géométriques de tous niveaux exploitant le logiciel CABRI-GÉOMÈTRE. Après une douzaine de numéros « papier », elle a migré vers une forme numérique. On peut actuellement la consulter à l'adresse suivante : <http://www-cabri.imag.fr/abracadabri/>.

² Jean-Marc BRESLAW a utilisé MATHEMATICA pour la formation des PLC2 à l'IUFM ; Charles-André PAYET a introduit ce même logiciel dans plusieurs enseignements universitaires, en DEUG, Licence et Maîtrise.

Michèle ARTIGUE en février 1996, il nous a paru intéressant de créer dans notre académie une classe expérimentale équipée de TI-92, en parallèle avec les recherches de l'équipe DIDIREM.

La classe expérimentale, une Première S, a été implantée au lycée Antoine-Roussin (Saint-Louis de la Réunion) pendant l'année scolaire 1996/97 et a été confiée à Nathalie AYMÉ, professeur de mathématiques dans cet établissement, membre du groupe *abraCAdaBRI* et familière depuis plusieurs années de l'intégration des technologies nouvelles. Pour l'IUFM, Dominique TOURNÈS s'est chargé du suivi du projet : collaboration avec le professeur expérimentateur pour la conception des documents pédagogiques, observations dans la classe, évaluation.

Une convention a été signée entre le lycée Antoine-Roussin et l'IUFM. Le projet a été soutenu et financé en partie par l'IUFM (Département de mathématiques, Commission Recherche), en partie par le rectorat (Division des Projets et des Moyens, Inspection Pédagogique Régionale de mathématiques) et en partie par le lycée Antoine-Roussin. Ces moyens ont permis, d'une part, d'acheter suffisamment de calculatrices pour que chaque élève puisse en avoir une à sa disposition pendant les heures de mathématiques et, d'autre part, d'attribuer au professeur expérimentateur trois HSA (heures supplémentaires-année).

La mise en place proprement dite ne s'est pas faite sans difficulté. En raison de la lourdeur des procédures administratives, les premières machines sont arrivées dans la classe début novembre. En attendant, les élèves ont été initiés aux logiciels DERIVE et CABRI sur ordinateur. Par ailleurs, il a fallu affronter une certaine hostilité – du moins au début – de la part des collègues de mathématiques du lycée. Malgré une large information et plusieurs réunions de concertation, ceux-ci voyaient d'un mauvais œil le fait que des moyens aussi importants soient attribués à l'expérience TI-92 tandis que d'autres projets présentés par le lycée (notamment un projet de soutien en Seconde) étaient rejetés par le rectorat. Il est vrai qu'actuellement, tout ce qui a un parfum « nouvelles technologies » semble susciter un intérêt automatique et inconditionnel chez les responsables administratifs. On peut le regretter, mais c'est ainsi.

2. Organisation de la classe expérimentale

La classe expérimentale, la PS1 (34 élèves), a été constituée selon les règles en vigueur au lycée Antoine-Roussin. On n'a pas cherché à y regrouper les meilleurs élèves en mathématiques, ni ceux qui avaient une attirance particulière pour l'informatique. Au contraire, il était souhaitable que les deux clas-

ses de Première S du lycée gardent un profil comparable afin de permettre des comparaisons significatives.

Pour cette PS1, l'horaire professeur était de 10 heures (les 7 heures réglementaires et les trois heures supplémentaires attribuées par le rectorat). L'horaire disponible a été utilisé de la façon suivante :

- 5 heures en classe entière ;
- 1 heure dédoublée pour les modules ;
- 1 heure dédoublée consacrée à l'apprentissage de la TI-92 ;
- 1 heure facultative de « club mathématique ».

L'horaire obligatoire pour un élève était donc de 7 heures, soit une heure de plus que dans une Première S normale. Par ailleurs, le club mathématique, consacré à des activités ludiques ou de recherche avec la TI-92 et avec CABRI sur ordinateur, était accessible aux élèves des autres classes du lycée.

La progression (dans ses grandes lignes) a été élaborée en commun par les professeurs des deux Premières S du lycée. Deux devoirs communs ont été organisés pour comparer les résultats des deux classes et, en particulier, pour vérifier si les élèves de la classe expérimentale maîtrisaient convenablement les savoir-faire traditionnels mentionnés par le programme officiel. En outre, parmi les devoirs internes à la classe expérimentale, deux devoirs spécifiques « TI-92 » ont été prévus pour évaluer les compétences nouvelles que les élèves étaient susceptibles d'acquérir grâce à l'emploi intensif de la machine. Enfin, il faut signaler que le professeur de sciences physiques de la classe expérimentale s'était engagé à utiliser de temps en temps la TI-92 dans des travaux pratiques de physique afin d'assurer une certaine unité pédagogique au sein de l'enseignement scientifique.

En début d'année, les objectifs et les modalités de l'expérience ont été présentés en détail aux élèves. De plus, une note d'information a été adressée aux parents. Il s'agissait avant tout de rassurer les uns et les autres sur deux points :

1) Il n'y avait aucune crainte à avoir quant à l'acquisition des savoirs et savoir-faire officiels du programme, notamment en vue de la préparation du Baccalauréat. L'apprentissage proprement dit de la TI-92 se faisant dans le cadre d'heures supplémentaires, les élèves disposeraient du même temps que ceux d'une Première S normale pour travailler le contenu mathématique du programme. De plus, la progression commune et les devoirs communs avec l'autre Première S seraient là pour servir de garde-fou.

2) Une TI-92 étant prêtée aux élèves pendant toutes les heures de mathématiques, il ne fallait pas que les parents se sentent obligés d'en acquérir une. Malgré cela, environ la moitié des élèves possédaient une TI-92 personnelle

avant Noël, parfois au prix d'un sacrifice financier non négligeable pour ceux qui sont issus de familles modestes.

3. Objectifs et principes directeurs de l'expérience

Notre objectif premier était de conduire une expérimentation sur l'utilisation au quotidien, par des élèves de lycée, de la calculatrice TI-92 et des logiciels qu'elle contient. Pour nous, il est clair que la calculatrice n'est pas un objet d'étude en soi : le but n'était pas de transformer les élèves en virtuoses de la machine, ni de les initier à la programmation. La calculatrice doit simplement être pensée comme un outil au service des mathématiques. Nous avons voulu étudier si l'utilisation régulière de la machine entraîne chez les élèves une perception différente des notions mathématiques enseignées et si elle peut permettre ou non d'atteindre une meilleure maîtrise des compétences traditionnelles. En second lieu, nous avons cherché à savoir si l'outil nouveau est susceptible de développer des compétences nouvelles inaccessibles dans le cadre d'un enseignement classique, voire de modifier de façon significative les savoirs enseignés.

Les activités que nous avons conçues à l'intention des élèves ont toujours été choisies en fonction de leur intérêt mathématique intrinsèque. Nous n'avons pas cherché *a priori* à les construire en fonction de phénomènes didactiques connus, ni à jouer sur les limites de la calculatrice. De ce dernier point de vue, on trouve déjà dans la littérature de nombreuses séquences centrées sur des phénomènes « pathologiques », soit de nature théorique (fonctions sans dérivées, courbes sans tangentes, droites sans position limite), soit dus à la machine (expressions égales qui paraissent différentes vice-versa). La compréhension de ces phénomènes nécessite des connaissances fines sur les nombres réels, les fonctions de variable réelle, la modélisation du continu par le discret, la représentation en machine des nombres réels par un ensemble fini de décimaux très particuliers, celle du plan euclidien par une grille finie de pixels, etc. Nous pensons que tout ceci est plus que prématuré au niveau du lycée. Historiquement, après l'invention du calcul infinitésimal par NEWTON et LEIBNIZ, les mathématiciens ont travaillé pendant deux siècles avec une conception intuitive peu formalisée des notions de nombre réel et de fonction. Cela ne les a pas empêchés d'obtenir de très grands succès en physique et en mécanique céleste. Ce n'est qu'à la fin du XIX^e siècle que sont apparus des phénomènes plus complexes (principalement en raison de l'utilisation des séries de fonctions pour la résolution des équations différentielles), phénomènes qui ont nécessité un approfondissement théorique des fondements de l'analyse. Nous croyons qu'il est naturel, au niveau lycée, de suivre à peu près

cette évolution épistémologique. Il est sans doute préférable que les élèves travaillent longuement sur ce qui est ordinaire, courant, habituel dans les applications simples, plutôt que de se perdre dans des subtilités qui ne peuvent pas encore avoir de sens pour eux. Ce qui nous a semblé essentiel, c'est que les élèves mobilisent le concept de fonction (et tout ce qui lui est lié : équations, expressions littérales, etc.) dans des problèmes variés issus des diverses disciplines. Quant aux limitations de la machine, il est bien sûr normal d'y réfléchir si l'occasion se présente spontanément, mais nous avons trouvé inutile de fabriquer des exemples conçus dans ce seul but. D'ailleurs, si l'on y regarde de plus près, les problèmes liés à la représentation finie des réels sont quasiment les mêmes avec le support papier-crayon. La seule différence au niveau pédagogique est que, dans un enseignement traditionnel sans calculatrice, il n'est guère possible de montrer aux élèves des phénomènes pathologiques, car les calculs à la main seraient alors trop fastidieux.

De façon générale, nous avons joué le jeu des possibilités offertes par la TI-92. Nous avons mis en avant le travail mathématique proprement dit de modélisation et de conjecture, en le séparant des aspects techniques et calculatoires. Pour cela, nous avons proposé d'emblée des problèmes, en demandant aux élèves de les modéliser et de les mettre en équations, même s'ils ne disposaient pas encore des outils nécessaires pour traiter le modèle mathématique obtenu. C'est alors qu'est intervenue la calculatrice en tant que boîte noire permettant de surmonter les difficultés techniques qui apparaissaient. Dans un troisième temps, une synthèse théorique et algorithmique a mis en évidence des concepts et des objets nouveaux, ainsi que la façon de calculer ces objets « à la main ». L'apprentissage des algorithmes traditionnels reste en effet incontournable à la fois parce que cet apprentissage est prévu par le programme officiel et parce qu'il est fécond pour mieux maîtriser l'utilisation ultérieure de la machine. Dans une dernière étape, nous sommes revenus sur les problèmes initiaux – et sur des problèmes complémentaires – pour souligner l'apport et l'efficacité des nouveaux outils étudiés. Afin d'illustrer ce schéma d'apprentissage, nous détaillerons plus loin quelques exemples d'activités.

En contrepoint de l'étude du programme de Première S avec la TI-92, nous avons eu le souci de proposer un environnement culturel riche destiné à faire évoluer l'image que les élèves se font des mathématiques. Outre le club mathématique évoqué plus haut, il y a eu le projet de réaliser une exposition. La classe a été partagée en quatre groupes, chacun chargé de réfléchir tout au long de l'année autour d'un thème : courbes planes, polyèdres, fractales, calculatrices. Deux sorties pédagogiques ont été organisées afin de permettre la collecte

d'informations et de documents : une journée à la médiathèque municipale de Saint-Pierre, une « journée Internet³ » à l'IREMIA⁴. En fin d'année, chaque groupe a réalisé trois panneaux sur le thème dont il avait la charge. L'exposition finale rassemblant les douze panneaux a été présentée successivement au lycée Antoine-Roussin, au musée de Stella Matutina (pendant la semaine *Science en fête*) et dans les deux centres de l'IUFM.

4. Progression et exemples d'activités

L'ensemble des fiches d'activités faisant appel à la TI-92 est disponible sur l'Internet à l'adresse : <http://www-cabri.imag.fr/nathalie/ti92/ti92.htm>. Ces fiches peuvent être soit consultées au format HTML, soit téléchargées au format WORD7 zippé. Elles peuvent être librement utilisées et modifiées par les collègues. Toute remarque, critique, suggestion sera la bienvenue. Pour illustrer nos options pédagogiques, nous allons nous contenter d'explicitier ici trois exemples, à propos desquels nous montrerons comment ces fiches TI-92 s'insèrent dans un ensemble pédagogique cohérent.

Premier exemple : Autour du second degré

- On commence par une séance de module intitulée « Mise en équations de problèmes du second degré ». Il s'agit de cinq problèmes – formulés en langage courant – issus de l'arithmétique, de la géométrie, de la physique et de la vie de tous les jours. Les élèves doivent choisir des inconnues et mettre en équation les problèmes. Il n'est pas demandé de résoudre les équations obtenues.

- Vient ensuite une séance spécifique TI-92 au cours de laquelle on apprend à exploiter les commandes utiles de la calculatrice. Les élèves doivent résoudre les équations du second degré avec la machine puis vérifier si les valeurs renvoyées sont bien solutions des problèmes de départ. On découvre également, à l'aide de la machine, la forme générale des solutions d'une équation du second degré, ainsi que les relations entre coefficients et racines.

- Troisième étape : le cours traditionnel sur le second degré, pour mettre en forme et justifier les résultats généraux utiles.

³ Le carnet d'adresses élaboré à cette occasion pour faciliter les recherches des élèves peut être consulté sur l'Internet à l'adresse suivante : http://www-cabri.imag.fr/nathalie/Surf_PS1/surf_ps1.htm.

⁴ Institut de Recherche en Mathématiques et Informatique Appliquées de l'université de la Réunion.

- On boucle le cycle par un module méthodologique intitulé « Qu'est-ce qu'une équation, un paramètre, une inconnue ? ». Un parallèle est fait entre l'algorithme de construction des racines d'une équation du second degré à partir des coefficients de l'équation, et l'algorithme de construction du barycentre de deux points pondérés à partir des deux points et des deux coefficients (question qui avait été traitée par ailleurs sur la TI-92 avec CABRI).

Deuxième exemple : Dérivées et optimisation

- Toujours dans le même esprit, on propose d'emblée une séance de module intitulée « Mise en équation de problèmes d'optimisation ». Pour chaque problème, issu de la géométrie ou de la vie courante, les élèves doivent choisir une inconnue convenable (plusieurs choix sont parfois possibles) et définir une fonction dont les variations donneront la solution cherchée.

- Deuxième phase : une séance spécifique TI-92 pour résoudre graphiquement les problèmes. C'est l'occasion de découvrir les possibilités de l'écran graphique de la machine.

- Laissant provisoirement de côté les problèmes d'optimisation, une nouvelle séance TI-92 permet une première approche des dérivées. Nous avons voulu cette approche initiale purement formelle et algorithmique. À l'aide de la machine, les élèves découvrent les dérivées des fonctions usuelles, les opérations algébriques sur les dérivées et construisent eux-mêmes un formulaire.

- Quatrième étape : le cours traditionnel sur les dérivées, où l'on donne un certain sens géométrique, physique et cinématique aux objets formels de l'étape précédente. C'est aussi l'occasion de justifier, à partir de la définition, la validité du formulaire.

- On retourne sur la TI-92 pour découvrir expérimentalement le lien entre dérivée et sens de variation. Pour chacun des problèmes d'optimisation, les élèves tracent simultanément les graphes de la fonction et de sa dérivée, et doivent émettre des conjectures.

- Nouveau cours traditionnel : sens de variation et exercices classiques.

- Dernière étape : retour aux quatre problèmes d'optimisation de départ et traitement rigoureux de ces problèmes en tant qu'application de la dérivation.

Troisième exemple : Les transformations

Avant le cours traditionnel sur les transformations, une séance TI-92 est consacrée à « Des transformations qui transforment ! ». Une figure de base est chargée à l'avance sur toutes les calculatrices. Il s'agit d'un triangle accompagné d'une de ses médianes, d'une de ses hauteurs, d'une de ses médiatri-

ces, de son centre de gravité et de son cercle inscrit. Grâce à CABRI, les élèves doivent construire les transformées de cette figure par une translation, une réflexion, une rotation, une homothétie, une inversion et une « symétrie par rapport à un cercle ». Par ailleurs, afin d'enrichir les observations, le professeur a préparé aussi (avec CABRI sur ordinateur) les figures transformées par une symétrie oblique, par une affinité et par une transvection. Pour chacune des neuf transformations, les élèves doivent décider si les propriétés suivantes sont conservées : alignement, parallélisme, orthogonalité, distance, angles orientés, barycentre, contact, cocyclicité.

Notre constat de départ, en concevant cette activité, était que les transformations étudiées en Première S (uniquement des similitudes) ne transforment quasiment rien de l'aspect des figures, et donc que les théorèmes de conservation du programme peuvent difficilement prendre du sens pour les élèves. Par suite, il nous a semblé indispensable de faire agir aussi des transformations qui « transforment vraiment » pour que, par contraste, les propriétés des isométries ou des homothéties puissent acquérir réellement de la consistance. Cette activité se révéla particulièrement riche. En particulier, un débat scientifique se mit spontanément en place au sein de la classe à propos de la conservation de l'orthogonalité par inversion : certains soutenaient que la conservation de l'orthogonalité n'avait pas de sens puisque les droites n'étaient pas transformées en droites ; d'autres répondaient qu'il fallait concevoir l'orthogonalité dans un sens plus large, en remplaçant les courbes par leurs tangentes. Nous avons laissé les élèves discuter longuement de cette question, dans ce qui fut incontestablement pour eux un temps fort de recherche mathématique.

5. Évaluation et retombées du projet

Pour analyser *a posteriori* cette année d'expérimentation, nous disposons de données de diverses natures :

- 1) La collection des fiches d'activités – disponible sur l'Internet – dont nous avons parlé plus haut, les sujets des devoirs proposés à la classe tout au long de l'année (devoirs avec TI-92, devoirs sans TI-92, devoirs communs) et le carnet de bord du professeur contenant notamment la progression détaillée qui a été suivie.

- 2) Les observations réalisées en moyenne une fois tous les quinze jours. À ces observations régulières faisant partie explicitement du projet, on peut ajouter les témoignages de diverses personnes venues visiter ponctuellement la classe (collègues du lycée, de l'IUFM, professeurs en formation).

3) Deux questionnaires d'évaluation, remplis par les élèves en décembre et en juin. Pour le premier questionnaire, l'analyse des réponses est disponible à l'adresse : <http://www-cabri.imag.fr/nathalie/ti92/evaluation/bilan1.htm> ; pour le second, le dépouillement est en cours.

4) Les notes des élèves de la classe expérimentale et de l'autre Première S en 1996/97, ainsi que les notes de ces mêmes élèves pour le premier semestre de Terminale en 1997/98.

Bien que nous n'ayons pas terminé l'analyse de toutes ces données, nous pouvons cependant proposer dès maintenant quelques conclusions provisoires. Regardons tout d'abord les notes des élèves. Aux deux devoirs communs, les élèves de PS1 (classe expérimentale) ont obtenu des moyennes respectives de 11,5 et de 10,1 tandis que ceux de PS2 obtenaient respectivement 9,6 et 8,4. Il est probable que la classe expérimentale était meilleure au départ, mais il ressort assez clairement de ces résultats que le fait de travailler systématiquement avec la TI-92 n'a pas empêché les élèves de PS1 de maîtriser de la même façon que les autres les compétences traditionnelles du programme. En contrepartie, l'écart entre les deux classes est resté le même tout au long de l'année, ce qui semble signifier que l'utilisation de la TI-92 n'a pas augmenté non plus les performances obtenues dans le cadre d'exercices scolaires classiques.

Par ailleurs, le suivi des élèves en Terminale fait apparaître un phénomène intéressant. Les élèves de PS1 et de PS2 (ainsi que les redoublants de Terminale) ont été répartis dans les trois Terminales S du lycée en fonction de la spécialité choisie. Dans le tableau ci-dessous, nous comparons les notes de mathématiques des élèves issus de la Première expérimentale aux notes des autres élèves.

	Moyenne des élèves issus de la classe expérimentale	Moyenne des autres élèves
TS1 (spécialité Biologie)	7,5	8,6
TS2 (spécialité Physique)	9,6	9,5
TS3 (spécialité Mathématiques)	10,8	9,4

Il est patent que la classe expérimentale a surtout profité aux meilleurs élèves en mathématiques (ceux qui ont choisi cette spécialité en Terminale), alors qu'elle a peut-être pénalisé les plus faibles en mathématiques (ceux qui ont choisi la spécialité Biologie). Ce constat va dans le sens des analyses

maintes fois développées par Michèle ARTIGUE⁵. Il faut se garder d'un enthousiasme aveugle vis-à-vis des nouvelles technologies. L'outil de calcul performant qu'est la TI-92 et l'environnement mathématique riche que nous avons créé autour de lui ont constitué un terrain favorable permettant aux bons élèves de développer leurs potentialités. Par contre, pour les autres élèves, des difficultés nouvelles se sont ajoutées aux anciennes, complexifiant de fait la situation sans profit véritable.

Les réponses aux deux questionnaires d'évaluation sont précieuses pour savoir comment les élèves, de leur côté, ont vécu l'expérience et dans quelle mesure leur vision des mathématiques a pu évoluer. Lors de la première évaluation, bien que surpris par les immenses possibilités de la machine (en particulier en ce qui concerne le calcul formel), la moitié des élèves disent explicitement que la TI-92 n'a pas changé leur point de vue sur les mathématiques. Ils trouvent cette discipline toujours aussi difficile, et sont conscients que la machine n'évite pas de réfléchir : « elle ne change pas vraiment les mathématiques, qu'il faut comprendre avant tout ; c'est seulement une fois qu'on a compris qu'elle est vraiment utile ». En ce qui concerne les contrôles, la machine est perçue avant tout comme un outil de vérification des résultats ne dispensant pas des justifications nécessaires. Pour bien souligner que la TI-92 n'est pas un outil-miracle, un élève écrit avec humour : « il n'y a qu'à regarder mes notes ». Dans la seconde évaluation, les commentaires sont souvent d'une autre nature, montrant une évolution certaine : « je pense avoir bénéficié d'un enseignement original et approfondi ; j'estime qu'à présent j'ai une autre vision sur les mathématiques » ; « tout compte fait, l'expérience de cette année semble m'avoir beaucoup apporté, surtout en ce qui concerne l'ouverture, l'autre vision sur les mathématiques, qui sont nettement plus attractives et intéressantes que dans le programme normal » ; « en Première, j'ai appris que faire des mathématiques pouvait être génial ».

Nous avons pu recueillir quelques informations intéressantes sur la façon dont les élèves ont appris à utiliser la TI-92. Les facteurs facilitant cet apprentissage sont, par ordre d'importance décroissante, les explications du professeur (facteur cité 28 fois), les discussions avec les camarades de classe (15 fois), les manipulations personnelles (12 fois) et la lecture de la notice (9 fois). Sur les explications du professeur, données le plus souvent à l'aide

⁵ Voir notamment : Michèle ARTIGUE, « Les nouvelles technologies : outils efficaces au service de l'enseignement ou obstacles à l'apprentissage », *Bulletin de l'APMEP*, n° 410 (1997).

d'une calculatrice rétroprojetable, nous avons eu un retour extrêmement riche. Pour 24 élèves, l'emploi de la tablette de rétroprojection est utile pour les raisons suivantes : il est plus simple de voir directement ce qu'il faut faire plutôt que d'écouter des explications orales ; on est mis en confiance ; en géométrie, on dispose d'une figure commune qui facilite la discussion. À l'opposé, 7 élèves développent un point de vue négatif. Selon eux, la calculatrice rétroprojetable présente plusieurs défauts : on est parfois perdu car il faut suivre à la fois au tableau et sur sa machine personnelle ; si on est en retard et si on perd le fil, c'est terminé, alors qu'une fiche permet à chacun de travailler à son rythme ; on croit réussir parce qu'on imite le professeur mais, en fait, on n'a rien compris et on est incapable de refaire tout seul la manipulation.

En définitive, presque tous les élèves sont satisfaits d'avoir suivi la classe expérimentale, en dépit de quelques récriminations sur la lourdeur du travail demandé (heures en plus, évaluations nombreuses). Il faut toutefois signaler quelques discordances chez certains élèves : « après coup, j'aurais préféré suivre une classe normale car qui dit classe expérimentale dit niveau élevé » ; « dans une classe normale, les cours auraient été moins rapides ; alors si on me demande si j'ai été satisfaite d'avoir suivi une classe expérimentale, je réponds sans hésiter que cela a gâché mon année de Première S ».

Notre conclusion d'ensemble sera forcément mitigée. Comme la plupart des dispositifs d'innovation, cette expérience a représenté, au bout du compte, une aventure exceptionnellement riche pour nous et pour la majorité des élèves. Mais nous sommes conscients que la TI-92 n'est pas l'outil-miracle qui permettra à tous les lycéens de réussir en mathématiques. On ne peut éviter l'introduction des nouvelles technologies dans l'enseignement des mathématiques. Ces nouvelles technologies sont légitimes et incontournables puisque que ce sont les outils utilisés par les mathématiciens et les ingénieurs d'aujourd'hui. D'ailleurs, pour les jeunes, qui s'y adaptent très facilement, ces technologies ne sont pas « nouvelles » : ce sont tout naturellement celles de leur temps. Malgré tout, les difficultés de l'apprentissage des mathématiques demeurent, voire se complexifient. Il faudra sans doute un immense effort de formation des enseignants et de changement des mentalités avant que les nouveaux outils soient réellement intégrés dans nos programmes, dans nos examens et dans notre pratique quotidienne.