

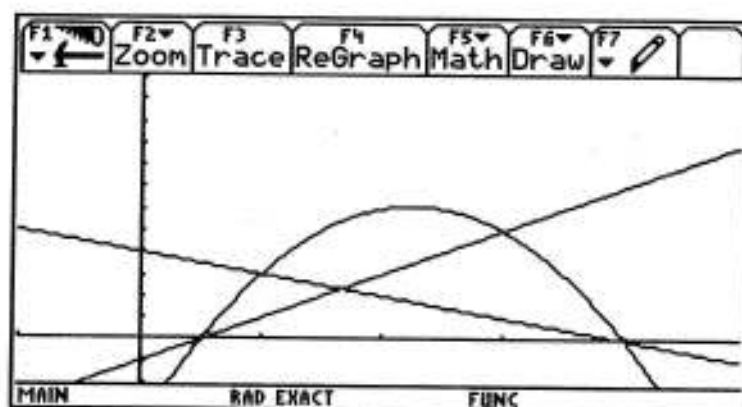
UNIVERSITE MONTPELLIER II
Sciences et Techniques du Languedoc

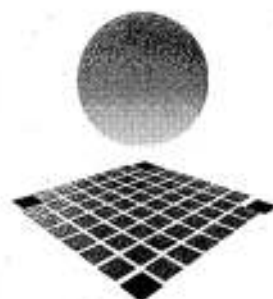
INSTITUT DE RECHERCHE SUR L'ENSEIGNEMENT DES
MATHEMATIQUES

LABORATOIRE E.R.E.S.

Etudes et Recherches sur l'Enseignement Scientifique

ETUDE DES MODES
D'APPROPRIATION DE
CALCULATRICES GRAPHIQUES
ET SYMBOLIQUES
DANS UNE CLASSE DE SECONDE





INSTITUT DE RECHERCHE SUR L'ENSEIGNEMENT DES
MATHEMATIQUES

LABORATOIRE E.R.E.S.

Etudes et Recherches sur l'Enseignement Scientifique

UNIVERSITE MONTPELLIER II
Sciences et Techniques du Languedoc

Place Eugène Bataillon
cc 040
34095 MONTPELLIER Cedex 05

☎ : 04.67.14.33.83 - 04.67.14.33.84

Fax : 04.67.14.39.09

e.mail : irem@math.univ-montp2.fr

ETUDE DES MODES
D'APPROPRIATION DE
CALCULATRICES GRAPHIQUES
ET SYMBOLIQUES
DANS UNE CLASSE DE SECONDE

D. GUIN ET GROUPE INTÉGRATION DES OUTILS INFORMATIQUES

SOMMAIRE

INTRODUCTION	p. 1
PROLOGUE	p. 7
PREMIÈRE PARTIE :	p. 11
PRÉSENTATION DES DOCUMENTS D'ACCOMPAGNEMENT	p. 13
SECONDE PARTIE :	p. 37
PRÉSENTATION ET DÉROULEMENT DES DIFFÉRENTES SÉANCES	p. 39
TROISIÈME PARTIE :	p. 121
SIGNE D'UNE EXPRESSION	p. 123
QUATRIÈME PARTIE :	p. 135
LE RECUEIL D'INFORMATIONS PAR QUESTIONNAIRES	
A LE PREMIER QUESTIONNAIRE	p. 137
B LE SECOND QUESTIONNAIRE	p. 163
C LE QUESTIONNAIRE BILAN	p. 195
CINQUIÈME PARTIE :	
LE RECUEIL D'INFORMATIONS PAR ENTRETIENS	p. 223
A LES PREMIERS ENTRETIENS	p. 225
B LES DERNIERS ENTRETIENS	p. 245
SIXIÈME PARTIE :	p. 265
LE CONTRÔLE SPÉCIFIQUE	p. 267
SYNTHÈSE ET PERSPECTIVES	p. 297
RÉFÉRENCES	p. 311
ANNEXES	p. 317

INTRODUCTION

Problématique

Durant l'année scolaire 95 / 96 apparaissent sur le marché les premières calculatrices graphiques, symboliques et géométriques. Elles ont la spécificité d'intégrer, pour la première fois, deux logiciels qui ont suscité un intérêt réel parmi les enseignants de Mathématiques et les chercheurs en Didactique des Mathématiques :

- d'une part, le logiciel DERIVE (qualifié par J.-F. Canet de "système de calcul symbolique") qui a fait l'objet de recherches au sein du groupe "calcul formel" de la DITEN (Direction de l'Information et des Technologies Nouvelles du Ministère de l'Education Nationale), de la commission Inter-IREM Informatique et des chercheurs en Didactique des Mathématiques. Parmi les nombreuses publications sur ce thème [Aldon 95, Artigue 95, Canet 94, Caen 94, Hirlimann 94], signalons tout particulièrement le rapport de recherche "Impact des systèmes de calcul symbolique dans l'enseignement sur les représentations et les pratiques des élèves de l'enseignement secondaire" [Artigue & al 95] sur lequel nous nous sommes appuyés pour débiter notre étude,

- d'autre part, le logiciel CABRI-GÉOMÈTRE (qui permet la construction et l'animation de figures géométriques) conçu au sein du laboratoire IMAG de Grenoble sous la direction de J.-M. Laborde avec la collaboration de chercheurs en Didactique des Mathématiques, dont l'intégration a également fait l'objet de recherches au sein de la commission Inter-IREM Informatique et des chercheurs en Didactique des Mathématiques [CII Informatique et Mathématique 94, Cuppens 96, Grenoble 93, Laborde & Capponi 94].

Ces nouveaux outils risquent de remettre en cause plus fortement les équilibres entre connaissances mathématiques conceptuelles et techniques, déjà sensiblement ébranlés par les calculatrices graphiques [Trouche 94, 95]. Afin de guider les évolutions nécessaires dans l'enseignement des Mathématiques, il est indispensable de mener des travaux d'innovation et de recherche visant à cerner les aspects positifs et négatifs de l'apport de ces outils. C'est une étape nécessaire pour définir les conditions d'une intégration efficace de ces nouveaux outils et assurer une formation des enseignants dans ce sens.

C'est dans cette problématique que se situe la recherche menée dans le cadre d'une convention passée en Juillet 1995 entre l'équipe ERES de l'Université Montpellier 2 et la D.I.T.E.N, la Direction de l'Information et des Technologies Nouvelles. L'objet de cette étude porte sur les modes d'appropriation par les élèves d'une classe de seconde de calculatrices complexes, alliant des possibilités de calcul symbolique, de tableur (permettant le traitement de données numériques), de géométrie et de graphiques. L'étude menée s'appuie sur la nouvelle calculatrice Texas Instruments (modèle TI 92), qui est le seul produit disposant actuellement de ces potentialités.

Conditions de l'expérimentation

Cette étude a été menée au sein d'une classe de seconde du lycée René Gosse à Clermont-l'Hérault dont le professeur de Mathématiques, J. DELGOULET, est animateur à l'IREM (Institut de Recherche sur l'Enseignement des Mathématiques) de Montpellier. La D.I.T.E.N a fourni conjointement les calculatrices nécessaires à l'équipement de cette classe et des heures complémentaires aux enseignants impliqués dans cette expérimentation.

Contrairement aux autres expérimentations sur la TI 92 qui ont eu lieu durant l'année scolaire 95 / 96 (menées par des équipes ayant préalablement expérimenté les logiciels DERIVE ou CABRI-GÉOMÈTRE dont les premiers comptes rendus figurent dans [Rennes 96]), il s'agit d'une première expérimentation du groupe "Intégration des Outils Informatiques" de l'IREM de Montpellier. Son premier objectif a été d'étudier les possibilités de la machine exploitables au niveau de la seconde et les problèmes susceptibles d'être posés par l'appropriation de cet outil dans le contexte d'une intégration en classe de seconde.

L'étude effectuée au sein du groupe IREM s'est ensuite essentiellement centrée sur la mise au point de documents d'introduction (ou d'accompagnement) et de situations visant une appropriation progressive par les élèves de leur calculatrice, sans une formulation précise d'hypothèses, a priori difficile dans une première expérimentation.

La classe expérimentale était une classe d'un niveau plutôt faible constituée de 22 filles et 8 garçons. C'est un élément non négligeable pour notre étude, compte tenu de la faible attirance souvent observée chez les filles vis à vis des outils informatiques (cf. faible proportion de filles dans les clubs ou options informatiques).

Les calculatrices ont été livrées juste avant Noël, les élèves les ont eues, dès ce moment, à leur entière disposition jusqu'à la fin de l'année scolaire (petites vacances comprises). La documentation Texas ainsi que les documents d'accompagnement réalisés par l'équipe IREM (qui figurent dans ce rapport) leur ont été distribués simultanément. La seule utilisation préalable dans la classe est celle de l'enseignant qui disposait d'une machine rétroprojetable et l'a utilisée régulièrement pour corriger les problèmes de géométrie. L'expérimentation a par conséquent réellement débuté en janvier, pour une durée effective de cinq mois.

Méthodologie

Sur le plan méthodologique, une analyse préalable des potentialités de ces calculatrices complexes, outils complètement nouveaux pour les expérimentateurs, s'est avérée indispensable pour concevoir d'une part des documents d'accompagnement suffisamment précis pour alléger la charge cognitive des élèves et d'autre part les séances expérimentales.

En ce qui concerne l'analyse des données, il nous a semblé pertinent de croiser une méthodologie externe et interne. Les questionnaires relevant de la méthodologie externe ont pour objectif d'avoir un aperçu général de l'évolution des pratiques et des opinions des élèves en ce qui concerne leur ancienne calculatrice et la nouvelle. Les entretiens relevant de la méthodologie interne ont pour objectif de recueillir des informations plus précises sur ces pratiques elles-mêmes.

Cette étude s'est déroulée en trois phases :

- **la première phase** : étude des potentialités de l'outil, mise au point des documents d'accompagnement, des séances de travaux pratiques et du premier questionnaire,
- **la deuxième phase** : passation du premier questionnaire, expérimentation des séances élaborées, réajustement du dispositif et de la progression en fonction des dysfonctionnements observés, mise au point et passation des deux autres questionnaires,
- **la troisième phase** : analyse des données recueillies et rédaction du rapport final.

Plan

Ce rapport est constitué de six parties. Un prologue donne un aperçu des contraintes de l'outil.

- **La première partie** est consacrée aux documents d'accompagnement qui ont été élaborés spécifiquement pour être accessibles à des élèves de seconde (d'une part, nous ne savions pas, à cette époque, ce que serait la documentation fournie avec la machine, d'autre part l'instrument nous paraissait complexe pour des élèves de seconde). Ces documents ont été conçus pour faciliter l'appropriation de la machine par des élèves n'ayant aucune aisance a priori ni avec des logiciels, ni avec des calculatrices scientifiques.

- **La seconde partie** est consacrée aux séances de travaux pratiques qui ont été élaborées et expérimentées au cours de l'année. Elle comporte les documents distribués aux élèves et les documents professeur indispensables à la mise en oeuvre de ces séances. En outre, grâce aux comptes rendus rédigés par l'enseignant (qui a également recueilli les commentaires de certains observateurs), nous disposons d'informations sur la manière dont se sont effectivement déroulées ces séances.

- **La troisième partie** est un exemple de cours intégrant la calculatrice : il s'agit d'un cours sur le signe d'une expression.

- **La quatrième partie** est consacrée à l'analyse des données recueillies lors des trois questionnaires. Le premier questionnaire, passé en novembre, avait pour objectif de cerner l'environnement technologique des élèves et leur rapport aux ordinateurs et calculatrices. Le second questionnaire, passé en février, avait pour objectif de cerner l'état atteint dans la familiarisation avec la TI 92, les difficultés rencontrées dans l'appropriation de l'outil. Le dernier questionnaire, passé en fin d'année scolaire, visait à évaluer la progression globale de la familiarisation et des rapports construits à l'outil.

- **La cinquième partie** est consacrée à l'analyse des données recueillies lors des deux séries d'entretiens menés avec des élèves volontaires représentatifs des différents profils identifiés dans l'analyse des réponses au premier questionnaire : six élèves ont été sélectionnés, les entretiens avaient pour objectif de cerner l'évolution de l'appropriation de l'outil et les problèmes qu'elle pose.

- **La sixième partie** est consacrée à une première évaluation des productions des élèves sur un contrôle spécifique élaboré dans une perspective d'utilisation de la calculatrice, tant dans la conception de l'activité mathématique des élèves que dans ce qui est attendu au niveau de l'explicitation des productions et des preuves.

Enfin, l'on trouvera dans un dernier chapitre, synthèse et perspectives, un résumé des principaux apports de cette recherche et, puisqu'il s'agit d'une première expérimentation, de propositions de pistes de recherches ultérieures.

Nous voudrions terminer cette introduction en remerciant Anne Hirlimann qui a coordonné les informations entre les différentes équipes menant des expérimentations sur les TI 92. Ainsi Gilles Aldon, Jean-François Canet, Jean-Philippe Drouhard, Michèle Dupérier, Guy Juge, Luc Trouche et tout particulièrement Michèle Artigue nous ont apporté un soutien essentiel dans cette recherche. Nous tenons à remercier également les membres du groupe Intégration des Outils Informatiques qui ont participé à cette expérimentation et plus particulièrement Jacques Salles et Danièle Guillaumou pour leur soutien durant la rédaction de ce rapport.

Dominique GUIN, Jacques DELGOULET.

PROLOGUE

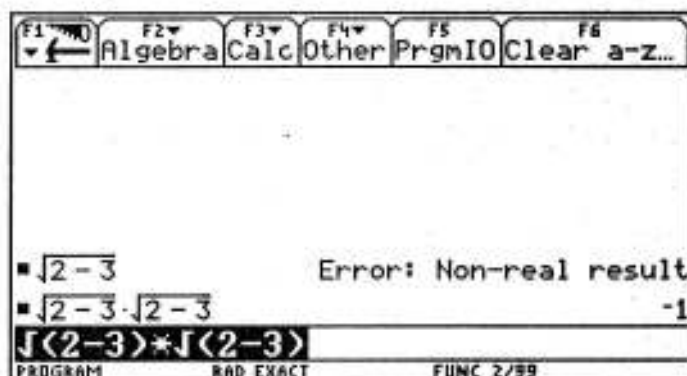
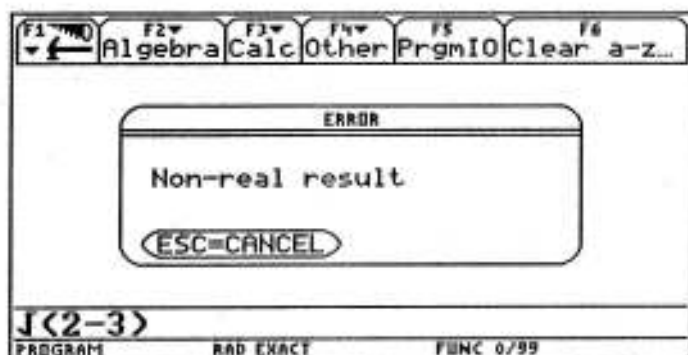
Tout environnement informatique implique une modélisation des connaissances, des choix de représentation interne et à l'interface ainsi que des contraintes au niveau des opérations internes et externes [Balacheff 94]. Une analyse de la manière dont l'environnement transpose les savoirs mathématiques (désignée par *transposition informatique*) est nécessaire pour comprendre les fonctionnements licites du savoir et les décalages avec l'environnement traditionnel. Ces décalages sont d'autant plus difficiles à gérer qu'ils ne sont pas perceptibles à l'affichage : M. Artigue parle alors de phénomènes de *pseudo-transparence* [Artigue 95]. Une prise de conscience de ces phénomènes est nécessaire si l'on veut pouvoir anticiper le comportement des élèves et concevoir des situations intégrant cette calculatrice.

Pour la calculatrice TI 92, certains choix de représentation ou de calcul peuvent paraître surprenants, nous reprenons quelques exemples parmi ceux figurant dans [Canet & al 96] :

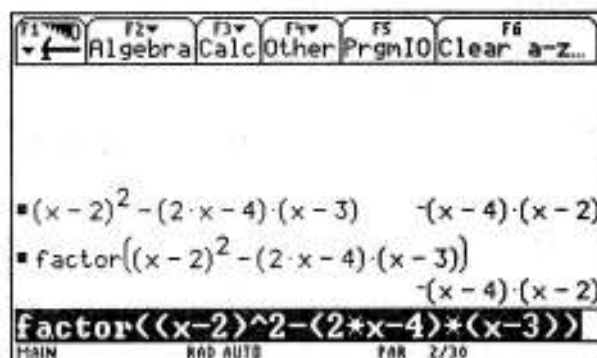
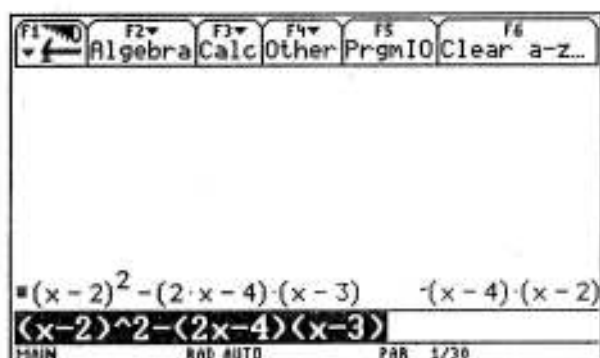
P. Fortin, dans un document d'accompagnement de la calculatrice [Fortin 95], décrit fort bien la surprise que peut produire un système de calcul symbolique : il suffit de taper, par exemple, $\sum_{p=0}^n x^p$. L'on pourrait espérer raisonnablement comme résultat $\frac{x^{n+1} - 1}{x - 1}$, mais l'on obtient $\frac{x \cdot x^n - 1}{x - 1}$ (même après avoir demandé une simplification). L'on retrouve une situation identique pour $x \cdot x^n$, $\frac{x^n}{x}$, ou encore $n! (n + 1)$. Pourtant $x \cdot x^n - x^{n+1}$ donne comme résultat 0 et $x^n \cdot x^m$ donne x^{m+n} !

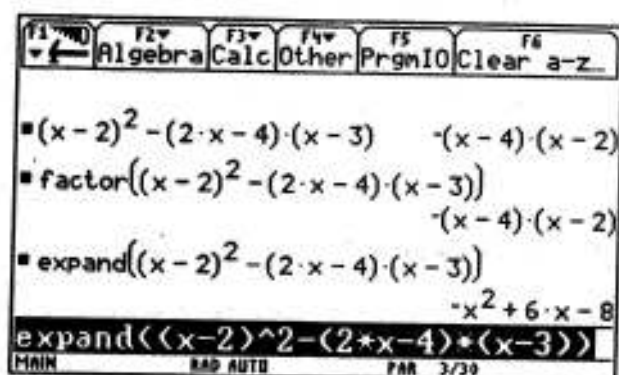
La calculatrice connaît donc bien les règles de calcul, mais le choix effectué pour le processus de simplification automatique est différent du nôtre et il nous paraît surprenant. Quand nous faisons un calcul à la main, nos choix sont guidés par le type de calcul que nous faisons et ce n'est pas toujours la forme la plus concise qui est la mieux adaptée au problème. Est-il préférable d'écrire $\cos^2 x$ ou $\frac{\cos 2x + 1}{2}$, $\frac{x+1}{x}$ ou $1 + \frac{1}{x}$, $\ln(4)$ ou $2 \ln(2)$? Bien entendu, tout cela dépend du contexte... La calculatrice fait un choix pour la simplification automatique, mais l'utilisateur a la possibilité d'obtenir des formes équivalentes d'une expression en utilisant des fonctions spécifiques, ce qui demande un certain apprentissage. Les choix effectués par la machine peuvent d'ailleurs aboutir à des contradictions : par exemple, l'expression $\frac{x^2 - 4}{x - 2}$ est simplifiée en $x + 2$, mais la valeur de la première expression pour $x = 2$ n'existe pas.

De même de nombreuses réponses s'expliquent par le fait que l'application est conçue pour travailler par défaut dans l'ensemble des nombres complexes. Cependant, il est possible de préciser le mode (réel ou complexe) et d'ajouter des conditions telles que $(x > 0)$. Mais en mode réel, le calcul s'effectue encore dans l'ensemble des nombres complexes, le test s'effectue uniquement sur le résultat, là encore des contradictions peuvent apparaître..



Considérons maintenant plus spécifiquement l'application initiale de la calculatrice pour laquelle les choix sont encore différents de ceux de DERIVE : le fait de taper ENTER, après avoir entré une expression, déclenche automatiquement une simplification qui peut être éventuellement une factorisation, un développement, une décomposition en éléments simples, comme le montrent les écrans suivants :





Frappe de **ENTER** uniquement.

Par conséquent, il sera difficile de prévoir le résultat produit par la machine, qui sera souvent non conforme à nos critères d'écriture d'une expression, lesquels dépendent du calcul ultérieur à effectuer.

Il est clair que de tels décalages peuvent perturber les élèves et les détourner du travail mathématique souhaité par l'enseignant (contrairement aux experts qui les gommement de façon inconsciente, grâce à leurs connaissances mathématiques). C'est pourquoi, nous avons plutôt choisi dans cette expérimentation d'essayer d'utiliser de manière positive ces décalages entre les deux environnements : c'est en les mettant en évidence que nous essaierons de développer chez les élèves les connaissances mathématiques nécessaires à leur gestion dans leur activité de résolution de problèmes. Cette démarche nous paraît d'autant plus intéressante d'ailleurs que ce type de connaissances est souvent moins sollicité en environnement papier / crayon qu'en environnement calculatrice.

*PREMIÈRE PARTIE
PRÉSENTATION DES DOCUMENTS
D'ACCOMPAGNEMENT*

PREMIÈRE PARTIE

PRÉSENTATION DES DOCUMENTS D'ACCOMPAGNEMENT

Mode d'emploi

Qu'il s'agisse des documents d'accompagnement ou des activités, chaque fiche est repérée par un symbole.

 Ces fiches ont pour objectif d'expliquer un certain nombre de caractéristiques de la machine ; elles comportent peu de manipulations à effectuer.

 La machine comporte 9 applications. Ces fiches sont faites pour montrer des fonctionnalités présentes dans toutes les applications. Il s'agit d'expliquer des principes de fonctionnement plutôt que d'effectuer des manipulations.

 Ces fiches sont destinées à effectuer des manipulations dont le principe de mise en oeuvre est présent dans toutes les applications. Il s'agit de manipuler et en même temps d'aborder des activités mathématiques.

 Ce sont avant tout des fiches d'activités mathématiques, même si chacune d'elles peut comporter l'étude de fonctionnalités de la machine.

 La boîte à outils ! Ces fiches comportent des renseignements utiles pour manipuler la machine de façon efficace. On peut retrouver ce symbole à l'intérieur de fiches d'activités si cela est nécessaire.

Les divers documents peuvent en outre comporter deux autres symboles.

 Le drapeau indique une rubrique SOS destinée à répondre à un certain nombre de questions. Ne pas hésiter à les consulter.

 Indique soit une erreur à éviter, soit un renseignement indispensable pour effectuer une tâche. Peu nombreux, il est impératif de les connaître.

Les touches bleues

- **F1**, **F2**, **F3**, **F4**, **F5**, **F6**, **F7** et **F8**
- La main 
- Les trois touches **ENTER** sont équivalentes
- La touche **ESC**
- La touche **APPS**
- Une grosse touche ronde et bleue : , la touche de direction.

Premières touches à connaître

- La touche **ENTER** : elle permet d'exécuter une commande (un calcul par exemple).
- La touche **ESC** : elle permet d'annuler une manoeuvre erronée ou de sortir d'un menu.
- Les touches **F1**, **F2**, **F3**, **F4**, **F5**, **F6**, **F7** et **F8** : elles permettent d'ouvrir les menus (cf.  MENUS).

Des touches particulières : 2nd, et

Comme sur les calculatrices classiques, un certain nombre de touches portent plusieurs informations que l'on peut aisément repérer par les couleurs :

- Ainsi au-dessus de la lettre **M** on voit le point-virgule (;) en orange.
- Ainsi au-dessus de la lettre **Q** on voit **[HOME]** en vert.

Comme sur les calculatrices classiques, pour accéder aux commandes écrites en couleur, il faut agir successivement sur deux touches.

- La touche **2nd** permet d'activer les caractères ou les fonctions écrites en **orange** ($\sin^{-1}$, $\cos^{-1}$, π , ∞ , accolades, crochets,...).
- La touche  permet d'activer les applications écrites en **vert** (**HOME**, **Y=**, ...).
- La touche  permet d'obtenir les majuscules.

Ces trois touches ont d'autres rôles qui seront abordés au fur et à mesure des diverses activités.

	LE CLAVIER (2)
---	-----------------------

	SOS	LA SOLUTION
1	Pourquoi y a-t-il deux signes "moins"?	Le signe $\boxed{-}$ (fonction opposée) permet de définir un nombre négatif, par exemple -5, le signe $\boxed{-}$ (sans parenthèses) est le symbole de la soustraction.
2	Comment obtient-on $\sqrt{5}$?	Taper $\boxed{2nd}$ puis $\boxed{\sqrt{}}$, on obtient $\sqrt{}$, il suffit alors de taper 5 et de fermer les parenthèses.



L'ECRAN

Ecran de l'application initiale

Lorsqu'on allume la machine en appuyant sur **[ON]**, on obtient l'écran ci-dessous qui est celui de l'application initiale. Si ce n'est pas le cas, en particulier si, lors d'une utilisation antérieure, la machine a été éteinte alors qu'une autre application était active, il suffit de taper **[♦]** puis **[HOME]**.

The diagram shows the initial application screen with the following components and annotations:

- Line des menus:** A row of function keys at the top: **F1** (left arrow), **F2** (Algebra), **F3** (Calc), **F4** (Other), **F5** (PrgmIO), and **F6** (Clear a-z...). An arrow points to this row with the text: "Ligne des menus, appuyer sur **[F1]**, **[F2]**, **[F3]**, etc, pour ouvrir un menu."
- Zone d'affichage des calculs:** The main display area. An arrow points to it with the text: "Zone d'affichage des calculs (tapés sur la ligne de commandes) et des résultats."
- Line de commandes:** The input line below the display. It shows the expression $6 + \frac{1}{3+1}$ and the result $25/4$. An arrow points to it with the text: "Ligne de commandes : c'est sur cette ligne que l'on tape les calculs que l'on veut effectuer."
- Line d'état:** The bottom status bar. It contains the text "MAIN", "DEG EXACT", and "FUNC 1/99". An arrow points to it with the text: "Ligne d'état : elle contient des renseignements qu'il faut savoir interpréter."

Observer le curseur clignotant sur la ligne de commandes à gauche avant de taper un calcul ou une formule.

Ce curseur se déplace au fur et à mesure de la frappe.

On peut déplacer ce curseur dans une expression à l'aide de la touche de direction.

	SOS	LA SOLUTION
3	Mon écran est trop foncé ou trop clair, que puis-je faire ?	Régler le contraste : maintenir enfoncée la touche [♦] et appuyer sur [-] ou [+] suivant le cas.
4	Mon écran est de plus en plus clair, l'affichage est lent, surtout en géométrie : que faire ?	Changer les piles...

64	LE CLAVIER (2)
----	-----------------------

Pb	SOS	LA SOLUTION
1	Pourquoi y a-t-il deux signes "moins"?	Le signe (-) (fonction opposée) permet de définir un nombre négatif, par exemple -5, le signe - (sans parenthèses) est le symbole de la soustraction.
2	Comment obtient-on $\sqrt{5}$?	Taper 2nd puis √ , on obtient $\sqrt{}$, il suffit alors de taper 5 et de fermer les parenthèses.



L'ECRAN

Ecran de l'application initiale

Lorsqu'on allume la machine en appuyant sur **ON**, on obtient l'écran ci-dessous qui est celui de l'application initiale. Si ce n'est pas le cas, en particulier si, lors d'une utilisation antérieure, la machine a été éteinte alors qu'une autre application était active, il suffit de taper **♦** puis **[HOME]**.

The diagram shows the initial application screen with the following elements and annotations:

- Line of menus:** A row of six buttons labeled F1, F2, F3, F4, F5, and F6. F1 is a left arrow, F2 is 'Algebra', F3 is 'Calc', F4 is 'Other', F5 is 'PrgmIO', and F6 is 'Clear a-z...'. An arrow points to this row with the text: "Ligne des menus, appuyer sur **[F1]**, **[F2]**, **[F3]**, etc, pour ouvrir un menu."
- Calculation display area:** The main area of the screen. An arrow points to it with the text: "Zone d'affichage des calculs (tapés sur la ligne de commandes) et des résultats."
- Command line:** A line at the bottom of the display area. It shows the expression $6 + \frac{1}{3+1}$ on the left and the result $25/4$ on the right. Below this line, it says "MAIN", "DEG EXACT", and "FUNC 1/99". An arrow points to this line with the text: "Ligne de commandes : c'est sur cette ligne que l'on tape les calculs que l'on veut effectuer."
- Status line:** The bottom-most line of the screen. An arrow points to it with the text: "Ligne d'état : elle contient des renseignements qu'il faut savoir interpréter."

Observer le curseur clignotant sur la ligne de commandes à gauche avant de taper un calcul ou une formule.

Ce curseur se déplace au fur et à mesure de la frappe.

On peut déplacer ce curseur dans une expression à l'aide de la touche de direction.

	SOS	LA SOLUTION
3	Mon écran est trop foncé ou trop clair, que puis-je faire ?	Régler le contraste : maintenir enfoncée la touche ♦ et appuyer sur [-] ou [+] suivant le cas.
4	Mon écran est de plus en plus clair, l'affichage est lent, surtout en géométrie : que faire ?	Changer les piles...



LA LIGNE D'ETAT

C'est la dernière ligne, au bas de l'écran : elle peut prendre plusieurs aspects suivant l'état ou configuration de la machine et les manipulations que l'on accomplit.

Voici quelques exemples :

MAIN	DEG	AUTO	FUNC 15/30
<i>Nom du répertoire courant</i>	<i>Les angles seront calculés en degrés</i>	Mode AUTO (Voir MODE)	<i>Signifie que l'on peut taper 30 formules, la machine est en attente de la 16^{ième}.</i>

MAIN		RAD	EXACT	FUNC 15/30
	La touche a été activée	<i>Les angles seront calculés en radians</i>	Mode EXACT (Voir MODE)	

MAIN		DEG	APPROX	FUNC 15/30
	La touche a été activée		Mode APPROXIMATE (Voir MODE)	

MAIN	2nd	DEG	AUTO	BUSY
	La touche a été activée			La machine est en train de calculer

TYPE OR USE + OK = [ENTER] AND CANCEL = [ESC]

Ceci est un message d'aide. On a ouvert un menu ou une liste ; utiliser la touche de direction pour choisir l'article voulu, taper sur ENTER pour valider ou sur ESC pour annuler (voir SOS).

On peut constater que les messages d'aide ou d'erreur sont très courts. Les interpréter n'est pas toujours simple, aussi est-il indispensable de regarder le plus souvent possible la ligne d'état et de noter avec soin les messages non compris afin de les expliciter par la suite.

	SOS	LA SOLUTION
5	Que signifie "CANCEL" ?	Très présent en informatique : to cancel = annuler.
6	Que signifie "BUSY" ?	Ici cela signifie en fonctionnement.
7	Que signifie "MISSING" ?	To miss = manquer
8	Que signifient les flèches ?	Cela signifie qu'il faut utiliser la touche de direction.



LES APPLICATIONS (1)

La TI 92 comporte **neuf applications** mathématiques. Elles ne seront pas toutes utilisées en Seconde, cependant cette fiche vise à les présenter toutes.

Les deux applications les plus importantes sont :

- l'application initiale : on peut toujours y accéder par  puis [HOME],
- l'application de géométrie appelée "Geometry".

Description des applications

1	Home	C'est l'application initiale, elle permet : • le calcul numérique exact ou approché, • le calcul algébrique (développement, factorisations,...), • le calcul différentiel et intégral (première et terminale).
2	Y= Editor	C'est l'éditeur de fonctions : il permet la saisie de fonctions pour pouvoir les étudier (représentations graphiques entre autres).
3	Window Editor	Permet la gestion de la fenêtre graphique (définition des intervalles de construction).
4	Graph	Représentations graphiques de fonctions, gestion de ces représentations (ZOOM, minimum, maximum, etc.).
5	Table	Table de valeurs construite à partir de Y= Editor.
6	Data/Matrix Editor 	Permet l'édition de données en vue de traitements (statistiques, entre autres).
7	Program Editor 	Permet d'entrer des programmes.
8	Geometry 	Application géométrique : permet un travail interactif sur les figures.
9	Text Editor 	Editeur de textes pour prendre des notes, réaliser des rapports.

Comment accéder à une application ?

Suivant les applications deux méthodes sont possibles.

Pour toutes les applications on peut :

- appuyer sur ,
- se déplacer dans la liste avec la touche de direction pour choisir l'application voulue,
- taper sur .



LES APPLICATIONS (2)

ou bien

- appuyer sur **APPS**
- taper le numéro de l'application choisie

Pour les applications 1, 2, 3, 4 et 5 :

taper  puis [HOME] ou [Y=] ou [WINDOW] ou [GRAPH] ou [TblSET] ou [TABLE] (voir  CLAVIER)

	SOS	LA SOLUTION
9	Que signifie "HOME" ?	Ici c'est, en fait, le nom de l'application initiale.
10	Que signifie "EDITOR" ?	En français "EDITEUR" : il permet la saisie de textes, de calculs numériques ou non, etc.
11	Que signifie "DATA" ?	Les "DATA" sont les données, ici il s'agira le plus souvent de données numériques.



LES MENUS (1)

Manipuler la TI 92 nécessite d'ouvrir et de fermer ce qu'on appelle des *menus déroulants*. Certains menus sont accessibles par [F1], ..., [F8], d'autres nécessitent l'utilisation de diverses touches.

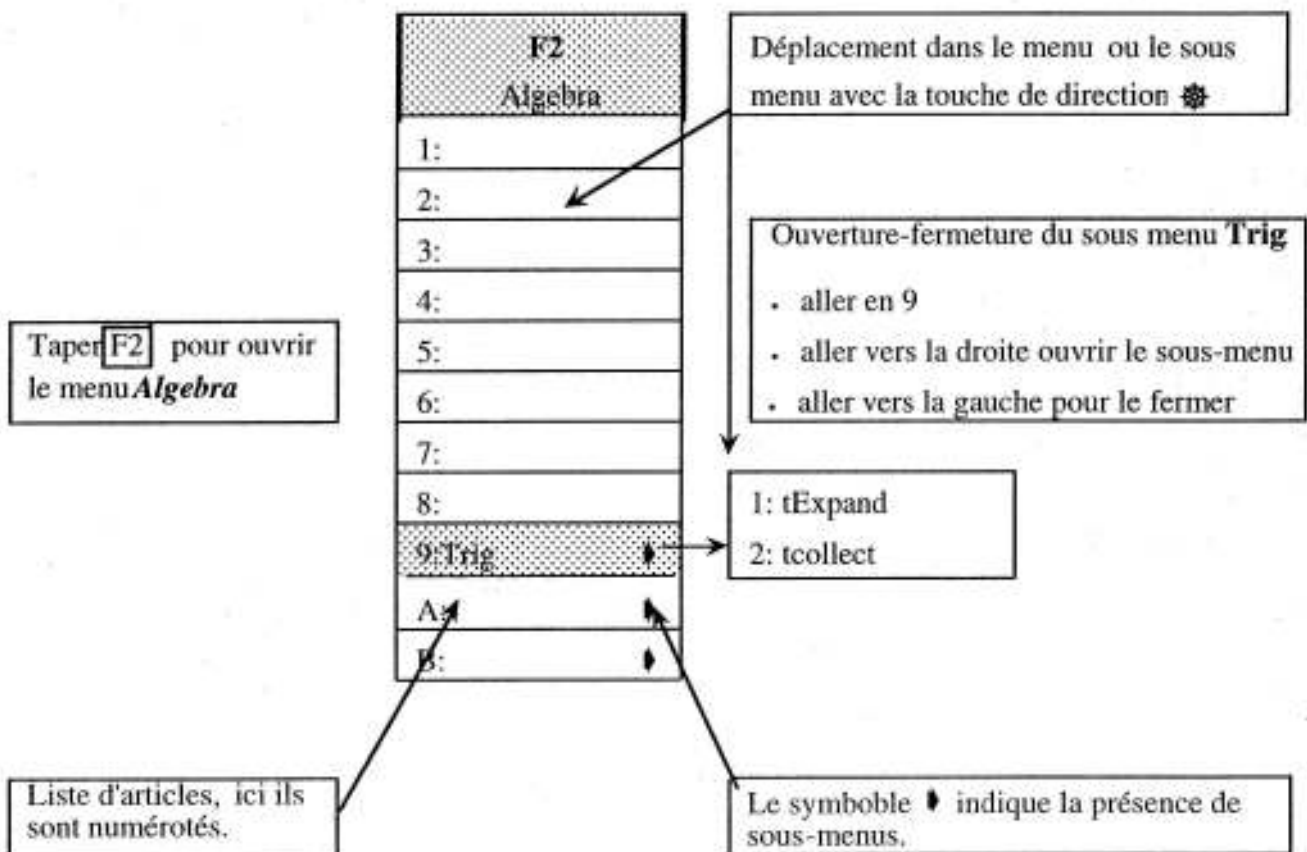
Un menu peut être considéré comme une **liste**. Cette liste est, en général, composée d'articles numérotés de 1 à 9 (ou moins) puis A,B,C, ...

Certains articles repérés par le symbole ♦ permettent d'accéder à de nouveaux menus que l'on appellera **sous-menus**.

Etude d'un exemple de menu et de sous-menu

On se place dans l'application initiale, éventuellement en faisant [♦] puis [HOME].

Appuyer sur [F2], on voit apparaître un menu comportant 11 articles codés de 1 à 9 puis A et B.



Les déplacements dans les menus se font grâce à la touche de direction : ⬆



Ouvrir d'autres menus

Tous les menus liés à [F1], [F2], [F3], [F4], [F5], [F6], [F7] et [F8] sont accessibles par la méthode ci-dessus.

La machine comprend d'autres menus et d'autres listes parmi lesquels le menu **MATH** qui fournit toutes les fonctions mathématiques de la TI 92 : on y accède par [2nd] puis [MATH]. On peut citer **CATALOG** qui fournit la liste de toutes les commandes de la TI 92, on y accède par [2nd] puis [CATALOG].

Sortir d'un menu ou d'un sous-menu

Pour sortir d'un menu ou d'un sous-menu, **sans sélectionner d'article**, taper une ou deux fois sur [ESC].

	SOS	LA SOLUTION
12	Je n'arrive pas à revenir au menu avec la touche du clavier : pourquoi ?	Cette touche n'est pas la touche de direction ; c'est la touche d'effacement arrière.
13	Comment sélectionne-t-on un article dans un menu ?	Voir la fiche "⊗ LES MENUS".



EXEMPLES DE MENUS DE L'APPLICATION INITIALE (1)

Sélection d'un article dans un menu

Quelle que soit l'application, *les principes de sélection sont les mêmes*. On peut procéder de deux façons :

- ouvrir le menu choisi (voir  LES MENUS)
- se déplacer dans le menu jusqu'à l'article voulu
- taper **ENTER**

ou bien

- ouvrir le menu choisi
- taper le numéro de l'article voulu.

Remarque : agir de même si l'article est dans un sous-menu.

Exemple : on veut factoriser l'expression $(x+2)^2 - (2x+4)(2x-3)$

Taper **F2** puis **2**. Sur la ligne de commandes apparaît **factor** (-noter l'affichage automatique de la parenthèse ouvrante-

Taper **(** **x** **+** **2** **)** **^** **2** **-** **(** **2** **x** **+** **4** **)** **(** **2** **x** **-** **3** **)** **)** **ENTER**

Ne pas oublier la parenthèse fermante qui n'est pas affichée automatiquement.

Observer le calcul tapé à gauche de l'écran, le résultat à droite (voir  L'ECRAN).

D'autres exemples

Les exemples suivants sont conçus pour se familiariser avec les menus de l'application initiale et avec la manipulation d'expressions tapées sur la ligne de commandes : pour cela utiliser la fiche  MANIPULATIONS DES EXPRESSIONS.

Factorisations

Factoriser les expressions suivantes et inscrire les résultats sur la seconde ligne. Sur la troisième ligne inscrire les développements des factorisations obtenues.

	$(2x-5)^2 - (3x-4)^2$	$(\frac{1}{2}x - \frac{3}{4})^2 + (2x-3)(x-1)$	$x^2 - 5x + 6$	$x^2 + 3$	$x^2 - 5x - 9$
Factorisations					
Développements					



EXEMPLES DE MENUS DE L'APPLICATION INITIALE (2)

Développements

Développer les expressions suivantes et inscrire les résultats sur la seconde ligne. Sur la troisième ligne inscrire les factorisations des développements obtenus.

	$(2x-3)^3$	$(5x-3)^2(x-1)-4(x-1)$	$(2x+2\sqrt{2}-3)(2x-2\sqrt{2}-3)$	$(x\sqrt{2}-\sqrt{3})(x\sqrt{3}-\sqrt{2})$
Développements				
Factorisations				



Ligne de commandes et manipulations des expressions

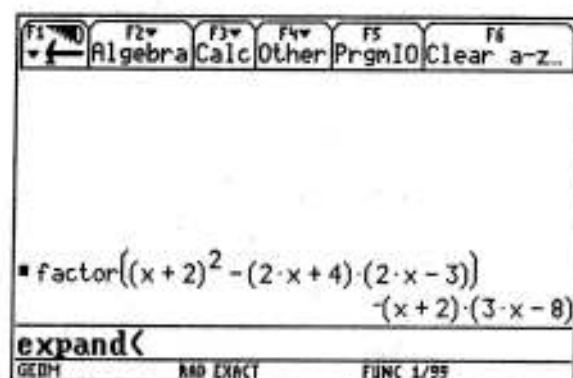
Un certain nombre de touches permettent de manipuler, de modifier, etc, les expressions écrites sur la ligne de commandes et dans la zone d'affichage.

	touche de direction	et permettent de se déplacer sur la ligne de commandes. et permettent de passer de la ligne de commande à la zone d'affichage et de se déplacer dans la zone d'affichage.
	effacement arrière	sur la ligne de commandes permet d'effacer le caractère qui précède le curseur.
	effacement avant	sur la ligne de commandes permet d'effacer le caractère qui suit le curseur.
	effacement	sur la ligne de commandes, si le curseur est au début ou à la fin de la ligne de commande, efface le contenu de la ligne de commandes, sinon seule la partie qui est à droite du curseur est effacée.
	fin de ligne	sur la ligne de commandes envoie le curseur en fin de ligne.
	début de ligne	sur la ligne de commandes envoie le curseur en début de ligne.

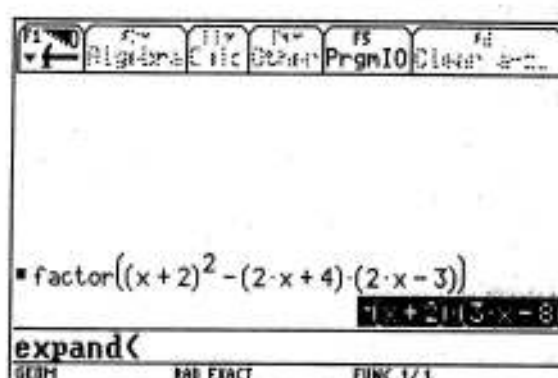
Il est possible de "récupérer" une expression ou un résultat qui se trouve dans la zone d'affichage.

Ainsi si l'on veut développer $-(x+2)(3x-8)$, résultat de la factorisation de $(x+2)^2-(2x+4)(2x-3)$, on procède comme l'indiquent les écrans ci-dessous :

MANIPULATIONS DES EXPRESSIONS (2)

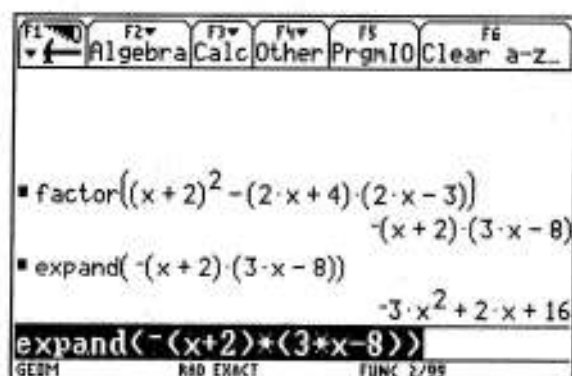


taper **CLEAR** puis faire **F2** **3**



aller jusqu'à $-(x+2)(3x-8)$ avec $\uparrow$

taper **ENTER**



taper **)**, taper **ENTER**

On pourra ainsi manipuler les expressions déjà tapées ou les résultats affichés, sans avoir besoin de les retaper.

⚠ Attention, dans la zone d'affichage la touche **←** a pour effet de supprimer le calcul sur lequel on se trouve au moment où on appuie sur cette touche.

	Traduction	Syntaxe et exemples	Menus/N°
solve	résoudre	$\text{solve}(x^2+7=12,x)$	F2 1
factor	factoriser	$\text{factor}((3a+2)^2-(a-3)^2) (*)$	F2 2
expand	développer	$\text{expand}((y-2)^2) (**)$	F2 3

Remarque : dans (*) et (**) il est possible d'indiquer la variable, on obtient alors $\text{factor}((3a+2)^2-(a-3)^2,a)$ et $\text{expand}((y-2)^2,y)$, voir la documentation accompagnant la machine (page 21-3).

LES MENUS DE L'APPLICATION INITIALE (1)

F1 ▼	F2 ▼ Algebra Algèbre	F3 ▼ Calculs	F4 ▼ Other Autres	F5 Prgm IO	F6 Clear a-z Suppression de variables
1: Open (1) <i>Ouvrir</i>	1: solve(<i>résoudre</i>	1: d (differentiate <i>dérivée</i>	1: Define <i>définition d'une fonction</i>	Principe de fonctionnement ▼ près de F1, F2, F3 et F4 indique qu'un menu déroulant peut être ouvert. ♦ dans un menu (comme Algebra) indique qu'un sous-menu peut être ouvert (voir  MENUS). ♦ suivi d'un caractère indique que la commande peut être activée au clavier, sans déroulement du menu, en tapant un raccourci du type  puis (caractère).	
2: Save Copy As ♦S <i>Sauvegarder sous</i>	2: factor(<i>factoriser</i>	2: ∫(integrate <i>intégrales & primitives</i>	2: Graph <i>Représentation graphique</i>		
3: New-(1) <i>Nouveau</i>	3: expand(<i>développer</i>	3: limit <i>limite</i>	3: Table <i>Table de valeurs (construction)</i>		
4: Cut ♦X <i>Couper</i>	4: zeros(<i>zéros</i>	4: Σ(sum <i>somme</i>	4: DelVar <i>Suppression d'une variable</i>		
5: Copy ♦C <i>Copier</i>	5: approx(<i>valeur approchée</i>	5: Π(product <i>produit</i>	5: ClrGraph <i>Effacement de graphiques</i>		
6: Paste ♦V <i>Coller</i>	5: comDenom(<i>dénominateur commun</i>	6: fMin(<i>Minimum</i>	6: ClrIO		
7: Delete ← <i>Effacement (arrière)</i>	7: propFrac(<i>fraction simplifiée</i>	7: fMax(<i>Maximum</i>	7: FnOn <i>Sélectionne les fonctions dans [Y=]</i>		
8: Clear Home <i>Effacement total</i>	8: nSolve	8: arclen(<i>longueur d'arc de courbe</i>	8: FnOff <i>Désactive les sélections dans [Y=]</i>		
9: Format... ♦F <i>Format</i>	9: Trig <i>Trigonométrie</i> ♦	9: taylor(<i>développement de Taylor</i>	9: ans(<i>Réponse N°</i>		
	A: Complex <i>Nombres complexes</i> ♦	A: nDeriv(<i>Nombre dérivé</i>	A: entry(<i>entrée</i>		
	B: Extract ♦	B: nInt(<i>Calcul approché d'une intégrale</i>	B: NewFold <i>Création d'un nouveau répertoire</i>		

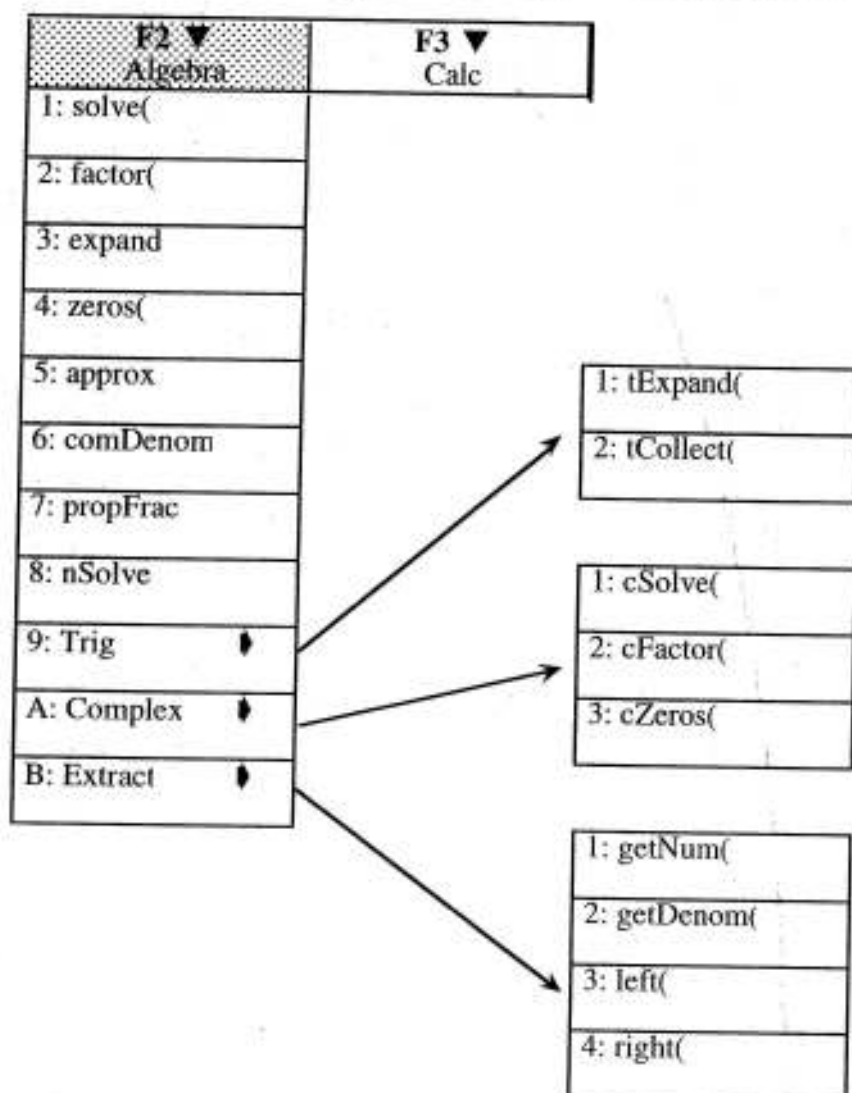
(1) Les articles barrés correspondent à des fonctionnalités non disponibles.

Les sous-menus

Dans l'application initiale seul le menu **F2 Algebra** possède des sous-menus. Sont concernés les articles **9:Trig**, **A:Complex** et **B:Extract**, la présence de sous-menus est repérée par ▸.

Principe de fonctionnement :

- on ouvre le menu **F2** en appuyant sur **F2**,
- on se déplace à l'intérieur du menu à l'aide de la touche de direction,
- quand la case de l'article désiré est foncée, utiliser la touche de direction vers la droite pour ouvrir le sous-menu,
- en cas d'erreur on peut utiliser la touche de direction pour se déplacer dans les menus et sous-menus ou bien appuyer sur **ESC**, deux fois de suite éventuellement.



	LES MENUS DE L'APPLICATION GEOMETRIQUE (1)
--	--

F1	F2	F3	F4
▼	▼	▼	▼
1 : Pointer <i>Pointeur</i>	1 : Point <i>Point</i>	1 : Circle <i>Cercle</i>	1 : Perpendicular Line <i>Droite perpendiculaire</i>
2 : Rotate <i>Faire tourner</i>	2 : Point on Object <i>Point sur objet</i>	2 : Arc <i>Arc</i>	2 : Parallel Line <i>Droite parallèle</i>
3 : Dilate <i>Dilater</i>	3 : Intersection Point <i>Point d'intersection</i>	3 : Triangle <i>Triangle</i>	3 : Midpoint <i>Milieu</i>
4 : Rotate & Dilate <i>Faire tourner et dilater</i>	4 : Line <i>Droite</i>	4 : Polygon <i>Polygone</i>	4 : Perpendicular bisector <i>Médiatrice</i>
	5 : Segment <i>Segment</i>	5 : Regular Polygon <i>Polygone régulier</i>	5 : Angle bisector <i>Bissectrice</i>
	6 : Ray <i>Demi-droite</i>		6 : Macro-Construction <i>Macro-construction</i>
	7 : Vector <i>Vecteur</i>		7 : Vector Sum <i>Somme de deux vecteurs</i>
			8 : Compass <i>Compas</i>
			9 : Measurement Transfer <i>Transfert de mesures</i>
			A : Locus <i>Lieu</i>
			B : Redefine Point <i>Redéfinir un point</i>

Le signe ▼ près de F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7 et F8 indique qu'un menu déroulant peut être ouvert.

Le signe dans un menu indique qu'un sous-menu peut être ouvert (voir MENUS).

Le signe ♦ suivi d'un caractère indique que la commande peut être activée au clavier, sans déroulement du menu, en tapant un raccourci du type puis (**caractère**).



LES MENUS DE L'APPLICATION GEOMETRIQUE (1)

F5 ▼	F6 ▼	F7 ▼ HIDE SHOW	F8 ▼
1 : Translation <i>Translation</i>	1 : Distance & length <i>Distance et longueur</i>	1 : Hide / Show <i>Cacher/Montrer</i>	1 : Open O <i>Ouvrir</i>
2 : Rotation <i>Rotation</i>	2 : Area <i>Aires</i>	2 : Trace On / Off <i>Garder la trace</i>	2 : Save Copy As S <i>Sauvegarder sous...</i>
3 : Dilatation <i>Homothétie</i>	3 : Angle <i>Angle</i>	3 : Animation <i>Animer</i>	3 : New N <i>Nouvelle figure</i>
4 : Reflection <i>Symétrie orthogonale</i>	4 : Slope <i>Pente</i>	4 : Label <i>Etiquette</i>	4 : Cut (1) <i>Couper</i>
5 : Symmetry <i>Symétrie centrale</i>	5 : Equation & coordinates <i>Equations et coordonnées</i>	5 : Comment <i>Commentaire</i>	5 : Copy (1) <i>Copier</i>
6 : Inverse <i>Inversion</i>	6 : Calculate <i>Calculer</i>	6 : Numerical Edit <i>Inscrire un nombre</i>	6 : Paste (1) <i>Coller</i>
	7 : Collect Data <i>Collecte de données</i>	7 : Mark Angle <i>Marquer un angle</i>	7 : Delete <i>Supprimer</i>
	8 : Check Property <i>Vérification de propriétés</i>	8 : Thick <i>Trait épais</i>	8 : Clear All <i>Tout effacer</i>
		9 : Dotted <i>Trait pointillé</i>	9 : Format F <i>Préférences</i>
			A : Show Page <i>Montrer la page</i>
			B : Data View <i>Affiche les données</i>
			C : Clear Data View <i>Supprime B</i>
			D : Undo Z <i>Annuler</i>

(1) Les articles barrés correspondent à des fonctionnalités non disponibles dans cette application.



Les sous-menus

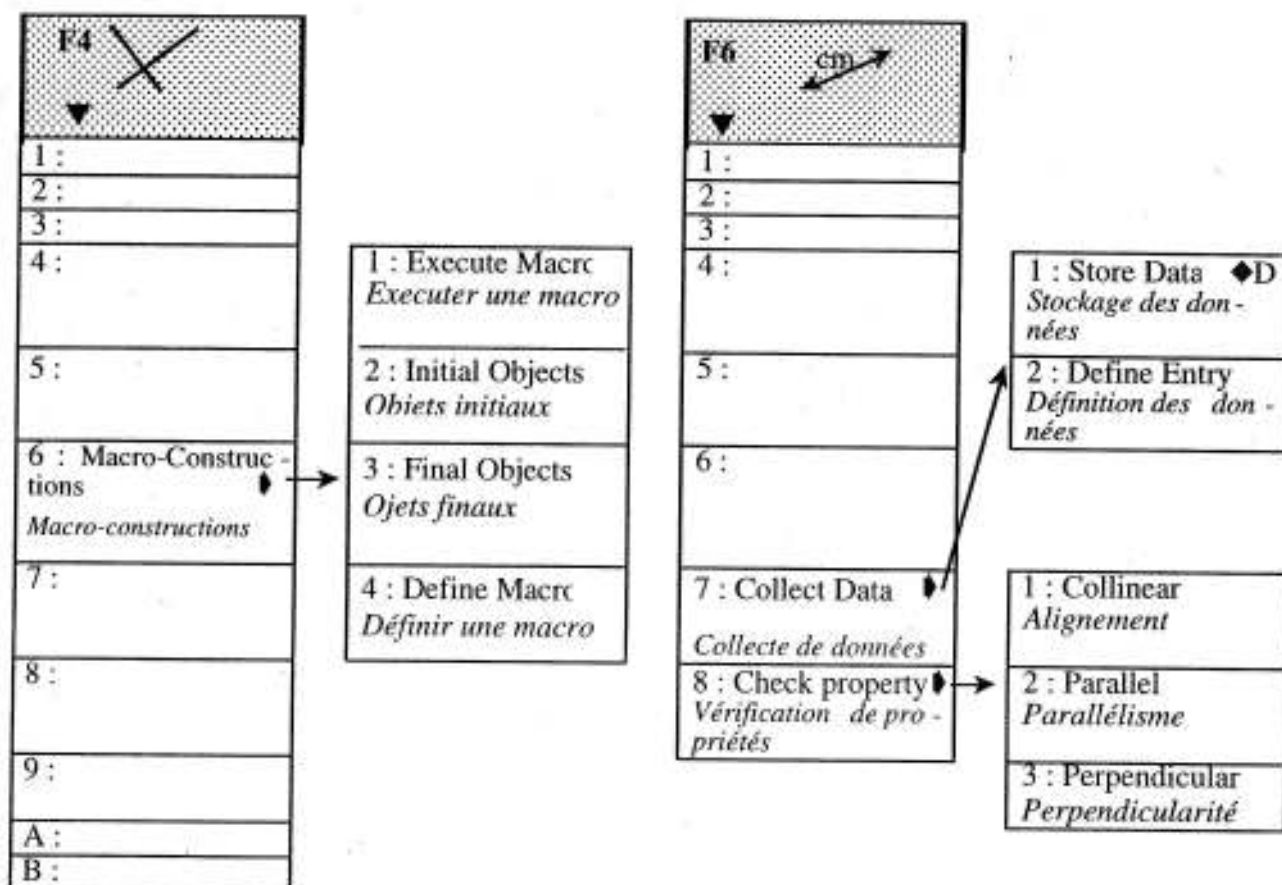
Les menus F4 et F6 de l'application géométrique comportent des sous-menus :

- l'article 6 : **Macro-Construction** du menu F4,
- les articles 7 : **Collect Data** et 8 : **Check Property** du menu F6.

La présence de sous-menus est repérée par ▾.

Principe de fonctionnement :

- on ouvre le menu choisi, ici [F4] ou [F6],
- on se déplace à l'intérieur du menu à l'aide de la touche de direction,
- quand la case de l'article désiré est foncée, on utilise la touche de direction vers la droite pour ouvrir le sous-menu,
- en cas d'erreur on peut utiliser la touche de direction pour se déplacer dans les menus et sous-menus ou bien appuyer sur [ESC], deux fois de suite éventuellement.





Qu'est-ce qu'un fichier ? Qu'est-ce qu'un répertoire ?

Lorsque l'on a réalisé un certain travail, il est souvent utile d'en garder une trace, même si l'on éteint la machine. Pour cela on va donc sauvegarder un certain nombre de données, de type numérique, texte ou graphique dans un *fichier*.

Remarque : Pour la TI 92, ces fichiers sont appelés des *variables*. Elles peuvent être de différents types : **EXPR** pour une expression, **FUNC** pour une fonction créée dans l'application initiale, **FIG** pour une figure créée dans l'application «Geometry», ou encore **DATA**, **GDB**, etc. (Voir manuel page 17-8).

La mémoire de la calculatrice peut être comparée à un bureau sur lequel sont placés pêle-mêle les documents les plus divers.

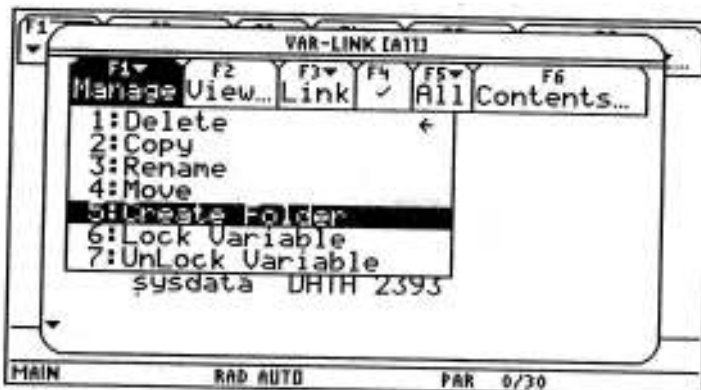
Afin de pouvoir retrouver plus facilement les différents fichiers créés, il est utile de les regrouper dans différents *répertoires*, appelés «**folder**» (ou **fold**) sur la machine qui représentent autant de classeurs.

Initialement, on ne dispose que d'un seul répertoire appelé «**MAIN**», ce qui signifie «*Principal*». On peut ensuite créer d'autres *répertoires* afin de classer les fichiers par type d'activité : Ainsi on peut créer un *répertoire* «**GEOM**», dans lequel on regroupera, par exemple, les figures créées par l'application «Geometry». Celles-ci sont des variables de type «**FIG**» (figure).

Comment procéder ?

• Comment créer un répertoire ?

«**GEOM**» par exemple.



1. Utiliser **2nd** [VAR-LINK] pour obtenir l'écran ci-contre.
2. La touche **F1** déroule le Menu «**Manage**» (To manage : gérer).
3. Choisir «**5 : Create Folder**», (Créer un répertoire).
4. Taper «**GEOM**», **ENTER**, **ENTER**.



- **Comment créer, sauvegarder, ouvrir ou détruire un fichier ?**

Pour cela, on dispose des instructions suivantes dans le **Menu F1** pour toutes les applications sauf l'application 8 (**Geometry**), pour laquelle on les trouve dans le **Menu F8** (Voir ci-dessous).

▼ F1 ou ▼ F8	
1 : Open Ouvrir	◆ O

2 : Save Copy As Sauvegarder sous	◆ S

3 : New Nouveau	◆ N

Ouverture d'un fichier existant.
(disponible dans toutes les applications sauf l'application initiale)

Sauvegarde du fichier courant.
(disponible dans toutes les applications)

Création d'un nouveau fichier.
(disponible dans les applications 6 à 9)

Il est à noter que, **dès l'entrée dans les applications 6 à 9**, on est invité à choisir entre les options :

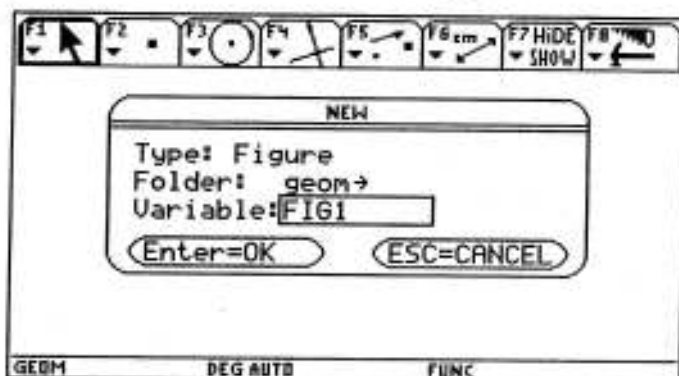
1. **Current** : Ouverture du dernier fichier utilisé.
2. **Open** : Ouverture d'un fichier déjà créé.
3. **New** : Création d'un nouveau fichier.

Exemples : On se place dans l'application «**Geometry**».

Dans celle-ci, toute figure construite à l'écran est conservée en **mémoire** sous forme de **fichier** de type **FIG** (figure) qui porte un **nom**.



1. Première utilisation de l'application «Geometry» :



Création d'une figure que l'on appellera «FIG1».

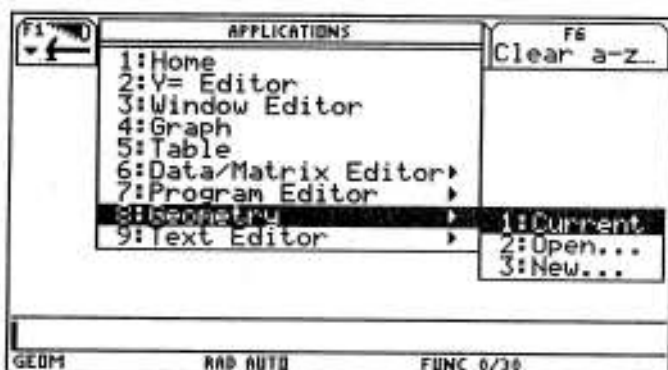
Appuyer sur [APPS], [8], puis [3] (New, puisque l'on crée un nouveau fichier).

Dans l'écran ci-contre, à la rubrique «Folder», choisir le répertoire créé précédemment : «GEOM», avec les touches $\leftarrow$, $\rightarrow$ et [ENTER].

Puis, à la rubrique «Variable», taper «FIG1», [ENTER], [ENTER].

Tout le travail effectué à partir de cette phase est automatiquement sauvegardé dans ce fichier «FIG1».

2. Utilisations suivantes de l'application «Geometry» :

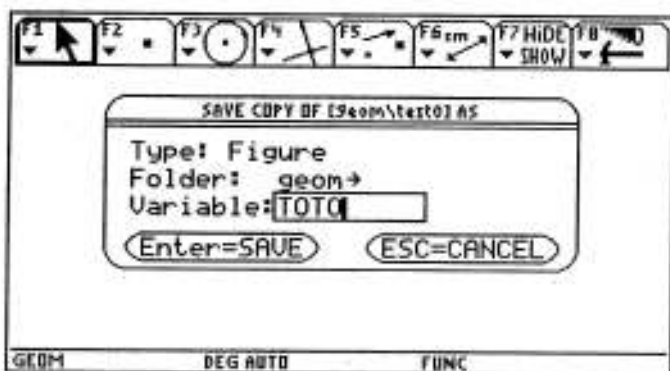


• Soit on désire reprendre le fichier «FIG1», et on appuie sur [APPS], [8], puis [1] (Current : fichier courant).

• Soit on désire ouvrir un autre fichier déjà créé, et on utilise [APPS], [8], [2] (Open). Puis on sélectionne le type «Figure», le bon répertoire et le fichier recherché.

• Soit on veut créer un nouveau fichier, et on procède comme au § 1 ci-dessus (New).

3. Sauvegarde d'une copie du fichier courant :

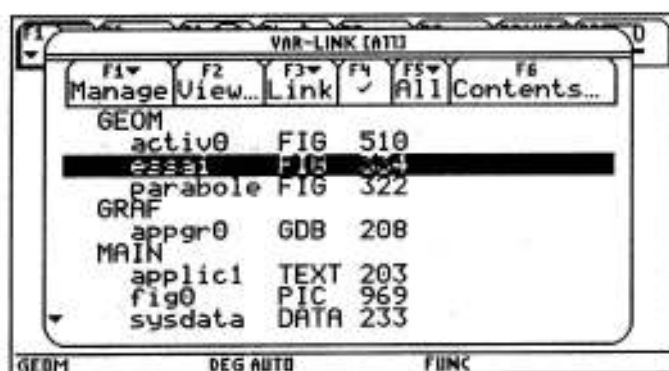


Utiliser la commande [F1] pour toutes les applications, ou [F8] pour l'application «Geometry», ensuite [2] : «Save Copy As», puis choisir le répertoire, taper le nouveau nom de fichier et valider par [ENTER].

☛ On obtient alors une **copie** du fichier sous un **autre nom**.

Remarque : Cette procédure est particulièrement utile lorsque l'on veut garder la trace de plusieurs étapes d'un travail.

4. Destruction d'un fichier :



Utiliser **2nd** **[VAR-LINK]** pour obtenir l'écran ci-contre.

Se positionner avec les touches **▲** et **▼** sur le nom du fichier à détruire, et le détruire en appuyant sur la touche **←**.

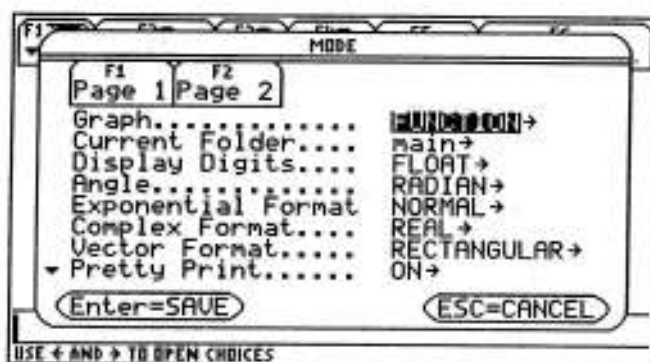
	SOS	LA SOLUTION
14	● La commande «Clear All» du Menu F1 (ou du Menu F8 pour l'application Geometry) efface non seulement l'<i>écran</i>, mais aussi le <i>contenu</i> du fichier.	Pour ne pas perdre définitivement le contenu du fichier, il suffit de le sauvegarder sous un autre nom selon la procédure indiquée au paragraphe 3 ci-dessus.



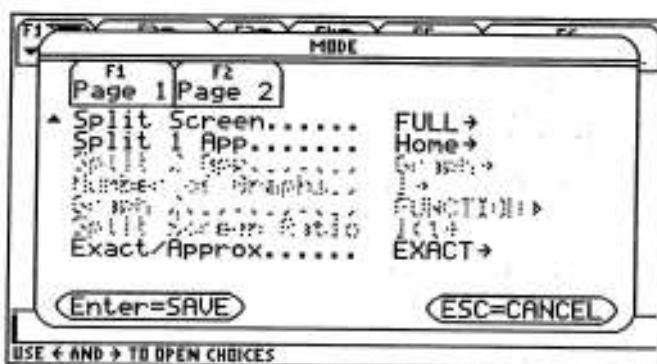
LA TOUCHE MODE (1)

La touche **MODE** permet de configurer la machine : ainsi on peut choisir de faire des calculs approchés ou exacts, de travailler en degrés ou en radians pour les angles, de changer le mode d'affichage des formules et des résultats, etc.

Lorsqu'on appuie sur la touche **MODE**, on accède aux deux pages suivantes :



Page 1 obtenue avec **MODE**



Page 2 obtenue avec **MODE** puis **F2** (retour à la page 1 par **F1**)

LES OPTIONS Exponential Format et Display Digits

La rubrique **Exponential Format** permet -voir écran n°1 ci-dessous- de choisir entre l'écriture usuelle, scientifique ou format ingénieur (ce dernier n'est pas utilisé en seconde).

Exemple : 12345,67 écriture usuelle 1,234567 E3 écriture scientifique

En écriture usuelle un nombre décimal qui nécessite plus de 12 chiffres ou qui est inférieur à 0,001 passe en notation scientifique.

La rubrique **Display Digits** - voir écrans 2 et 3 ci-dessous - permet de choisir le nombre de chiffres affichés après la virgule.

L'option Float :

Float : le nombre de décimales varie de 0 à 12 suivant le nombre à afficher.

Float n : si le nombre de chiffres de la partie entière dépasse n, le nombre est affiché en notation scientifique.

L'option Fix :

Fix n : les nombres sont toujours affichés avec le nombre de décimales indiqué par n.

Les options **NORMAL / FLOAT** correspondent à l'affichage classique d'une machine.

Les options **SCIENTIFIC / FLOAT** seront utilisées en physique, entre autres.

*SECONDE PARTIE
PRÉSENTATION ET DÉROULEMENT
DES DIFFÉRENTES SÉANCES*

SECONDE PARTIE PRÉSENTATION ET DÉROULEMENT DES DIFFÉRENTES SÉANCES

Construction des TP

En général chaque TP contient :

- l'énoncé du TP
- le questionnaire PROF qui expose les objectifs du TP ainsi que toute une série d'indications comme la durée et le déroulement prévu, les connaissances nécessaires, etc. Ce questionnaire reprend les éléments de celui du rapport [Artigue et al 95], il nous a paru essentiel pour la construction des diverses séances
- une feuille d'observations et commentaires pour les TP 1 à 3. Elle a pour but de fixer les tâches à effectuer d'une part, de faire l'inventaire des messages d'erreurs rencontrés par les élèves d'autre part,
- une feuille de route qui regroupe un certain nombre d'indications qu'il nous a paru important de noter pour la bonne marche de chaque TP.

Documents annexes

Chaque TP fait appel à une série de documents qui sont précisés dans la rubrique *documents distribués aux élèves* du questionnaire PROF. Il s'agit :

- de documents d'accompagnement élaborés pour la prise en main de la machine,
- de fiches spécifiques à chaque TP qui contiennent les indications nécessaires pour utiliser la machine lors du TP,
- des documents machines, c'est-à-dire des figures ou programmes réalisés par le professeur, puis chargés sur les machines.

Articulation des TP

• Le TP 1 commence par une série de calculs numériques rencontrés dans le module n°2 que l'on trouvera à la suite du TP. Il se termine par des calculs sur les racines carrées qui montrent que, contrairement à une calculatrice habituelle, la touche **ENTER** de la TI 92 ne permet pas toujours d'anticiper correctement des résultats.

- Le TP 2 propose donc de découvrir les commandes *Expand* et *Factor* ; il se termine par l'apparition de deux factorisations différentes d'une même expression.

- Le TP 3 propose donc de mettre en oeuvre des méthodes pour savoir si deux expressions sont égales ou non. Concernant le TP 3, il semble qu'il soit impossible d'obtenir la forme B du calcul n°8, comme il est impossible d'obtenir avec la machine l'égalité des formes A et B.

- Le TP 4 a pour but la prise en main de l'application géométrique. Un peu différent des autres, il n'a pas été mené à son terme.

- Les TP 5 à 7 concernent les fonctions. Le TP 6 n'a pas été traité en classe. Il nous a paru intéressant malgré tout de mentionner le thème sur lequel il portait.

Début de l'expérimentation

L'arrivée tardive des machines, la difficulté à émettre des hypothèses a priori, le fait que l'expérimentation se déroule en seconde sont des éléments qui ont eu un impact sur le déroulement de l'expérimentation. A cela, il faut ajouter que devant un outil aussi nouveau que la TI 92, il était relativement difficile de prévoir le comportement des élèves ainsi que les difficultés que le professeur de la classe allait rencontrer dans son enseignement.

Distribution des calculatrices accompagnées :

- de la documentation,
- des premiers documents d'accompagnement,
- d'une fiche décrivant les procédures de mise en oeuvre de l'utilisation de la TI et contenant des calculs préparatoires au TP 3,
- d'une fiche d'activités préparatoires au TP 4 (introduction de l'application de géométrie).

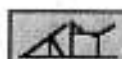
Les calculatrices ont été distribuées trois jours avant les vacances de Noël, dès le lendemain, un certain nombre d'élèves parvenaient déjà à effectuer des calculs et des manipulations.

Une enquête rapide effectuée à la rentrée des vacances de Noël a montré que, munis des premiers documents d'accompagnement et de la documentation de la machine, bon nombre d'élèves ont largement utilisé la TI 92 chez eux durant les vacances. Il était demandé aux élèves de citer les applications qu'ils avaient découvertes, les types de calculs qu'ils avaient effectués seuls durant les congés. On constate que 90% des élèves ont effectué des calculs : fractions (35%), factorisations (60%), développements (50%), valeurs approchées (35%). 95% des élèves ont effectué des

constructions géométriques simples, 35% mentionnent la notion d'angle (bissectrice, mesure,...) et 30% ont appris à déplacer un objet. Enfin on note l'attrait que constituent les images 3D puisque 65% des élèves interrogés disent avoir utilisé cette application, attirés sans doute par la couverture du livre accompagnant la machine.

Dans ce qui suit, les informations concernant chaque TP, recueillies par l'enseignant et deux observateurs, ont été réparties sur deux fiches : commentaires et synthèse. Ces deux fiches figurent après les documents relatifs à chaque TP.

Nom : Prénom :



TP 1 : CALCULS NUMERIQUES (1)

- Pour ce TP, se munir de la fiche LA TOUCHE MODE
- On se propose d'effectuer, avec la machine, des calculs numériques. Il s'agit d'apprendre à entrer des calculs, d'observer, d'interpréter et de commenter les résultats affichés.
- Pour effectuer ces calculs on utilisera la touche **ENTER** ou les touches puis **ENTER**.
- Les calculs proposés portent sur les fractions, les puissances et les racines carrées ; certains calculs ont été effectués lors du MODULE n°2, on pourra comparer les résultats de la TI 92 et ceux d'une calculatrice classique.

Série n°1 : avec des décimaux et des fractions

	Calculs	NORMAL FLOAT		SCIENTIFIC FIX 5
		Résultats avec ENTER	Résultats avec puis ENTER	Résultats avec puis ENTER
1	$21,753 \times (0,123-3,5426)$			
2	$0,1234567 \times 136963$			
3	$30 + \frac{3}{3 + \frac{3}{5}}$			
4	$\frac{864}{10 - \frac{75}{35+3}} + \frac{84 - \frac{1}{2}}{35 - \frac{3}{55}}$			

Série n°2 : avec des puissances

	Calculs	NORMAL FLOAT		SCIENTIFIC FIX 5
		Résultats avec ENTER	Résultats avec puis ENTER	Résultats avec puis ENTER
5	$1,725 \cdot 10^{-4} + 3,02 \cdot 10^{-5} - 0,04 \cdot 10^{-3}$			
6	$\frac{5^{13}}{2^{15}} \times \frac{3^{16}}{5^{14}} \times \frac{2^{17}}{3^5}$			
7	$\frac{10^{23}}{23^{10}}$			

Nom : Prénom :



TP 1 : CALCULS NUMERIQUES (2)

On choisira pour la suite NORMAL FLOAT avec la touche **MODE**.

Série n°3 : avec des racines carrées		
	Calculs	Résultats avec ENTER
8	$\sqrt{75}$	
9	$3\sqrt{18} - \sqrt{128} + 10\sqrt{32}$	
10	$(\sqrt{3} - \sqrt{6})^2$	
11	$(\sqrt{3} - \sqrt{5})^2$	
12	$\frac{3}{\sqrt{3} - \sqrt{5}} + \frac{2}{2 + \sqrt{5}}$	
13	$\frac{\sqrt{5} - \sqrt{3}}{\sqrt{3} - 5} + \frac{2}{\sqrt{3} + \sqrt{5}}$	
14	$\frac{\sqrt{5} - 3}{\sqrt{3} - 5} + \frac{2}{\sqrt{3} + \sqrt{5}}$	

Sur le cahier

L'objectif essentiel est de comprendre et d'interpréter les résultats affichés par la machine.

- Noter les résultats obtenus dans le tableau réservé à cet effet,
- Dans bien des calculs les résultats ne sont pas ceux que l'on attend. Pour chaque calcul interpréter le résultat obtenu (suivant les modes choisis et selon que l'on tape **ENTER** ou **♦** puis **ENTER**, 3 cas sont donc à prévoir pour les n°1 à 7),
- Comparer éventuellement les résultats obtenus dans des calculs différents (N° 10 et 11 par exemple).

Dans le tableau ci-dessous

- Noter dans la deuxième colonne les messages d'erreurs rencontrés ; si le même message intervient à plusieurs reprises, ne le noter qu'une fois.
- Noter dans la première colonne le calcul tapé ayant conduit au message d'erreur.
- Noter dans la troisième colonne, la solution à ce message d'erreur.
- La liste de tous les messages d'erreurs et leurs significations se trouvent aux pages B-17 à B-28 du manuel.

Nom : Prénom :



TP 1 : CALCULS NUMERIQUES (3)

	Calculs tapés	Messages d'erreurs	Solutions
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			

- Objectifs :**
- Première prise en main de la TI 92.
 - Il est important de faire le lien entre les machines que les élèves utilisent depuis la sixième au moins et la TI 92 ; aussi ce premier TP est-il consacré, dans un premier temps, à la découverte de la machine puis, dans un deuxième temps à des calculs numériques : exacts ou approchés.
 - Ces calculs portent sur les fractions, les puissances et les racines carrées et ont déjà été abordés sous une forme analogue avec des machines classiques (voir MODULE 2 : LA CALCULATRICE).
 - La fin du TP, consacré aux racines carrées, permet de faire le lien avec le TP 2 et même le TP 3 ; en effet dès lors que l'on aborde des expressions comportant des irrationnels, les problèmes de compréhension et d'interprétation des résultats affichés se posent.

Application utilisée : l'application initiale

Durée prévue : 1 heure

Disposition de la classe : demi-classe, les élèves se répartissant en groupes de 4 maximum.

Connaissances nécessaires

Connaissances concernant la machine

- A priori aucune, prévoir cependant de leur demander d'apporter leur propre machine afin de montrer les analogies entre leurs machines et la TI 92, notamment en ce qui concerne le clavier et la touche de validation.
- Prévoir également de distribuer les fiches : *LE CLAVIER*, *L'ECRAN*, *LA LIGNE D'ETAT* avant la première séance afin que les élèves en prennent connaissance chez eux.

Connaissances mathématiques

- Calculs sur les puissances et racines carrées vus en troisième et début de seconde.

Principales phases de la séance

- Présentation de la machine à l'aide des documents distribués (cf. ci-dessus) et de la machine rétroprojetable ;
- Découverte du clavier : rôle des différentes touches ;
- Découverte de l'écran : menus, zone d'affichage, ligne de commandes, ligne d'état ;
- Etude de la ligne d'état en liaison avec la touche **MODE**.

Documents distribués aux élèves

-  LE CLAVIER
-  L'ECRAN
-  LA LIGNE D'ETAT
-  **MODE**
- Une feuille comportant des calculs numériques à effectuer sur laquelle seront consignés les résultats et les observations.

Taches à effectuer

- Utiliser la TI 92 pour effectuer un certain nombre de calculs.
- Paramétrer le nombre de calculs :  puis **F**.
- Apprendre le fonctionnement de la touche **MODE**.
- Noter les résultats, les commenter éventuellement.
- Noter les messages d'erreurs.

Comportement attendu

- Il est possible que certains élèves soient décontenancés par la complexité du clavier, de l'écran et se "bloquent" devant la machine ne sachant plus quoi faire.
- On peut penser que d'autres vont se mettre à taper sur n'importe quelle touche et ne sauront plus que faire pour s'en sortir.
- Compte tenu des caractéristiques de la classe qui est assez passive je m'attends plutôt à la première réaction qu'à la seconde.

Interventions prévues

Je prévois d'intervenir pour mettre l'accent sur les différentes touches, surtout **ENTER** et **ESC**. Je pense que je serai assez directif dans cette première séance afin que tout le monde avance ensemble. Je serai certainement amené à débloquer certaines situations : ce sera l'occasion de souligner l'importance qu'il y a de noter avec soin les observations faites, en particulier les comportements de la machine qui déroutent les élèves.

Mots-clés - Fonction-clés - Touches-clés

ENTER**ESC****◆****MODE**

- La découverte du clavier se fera à l'aide d'un transparent représentant le clavier (cf. document de G. Juge). Afin de pouvoir comprendre la différence entre $\backslash x(\text{ENTER})$ et $\backslash x(\blacklozenge)$ puis $\boxed{\text{ENTER}}$ il est indispensable que **Exact/Approx** soit configuré sur **Exact**.

- Toutes les consignes ne peuvent pas être écrites sur les documents distribués aux élèves, un certain nombre d'entre elles pourront être précisées au tableau.

Parmi les consignes non écrites on peut citer :

- C'est l'affichage d'un calcul (partie gauche de la zone d'affichage de l'écran), et non le résultat, qui valide un calcul. L'affichage doit être exactement le même que celui figurant dans l'énoncé du calcul. A cet égard les problèmes de parenthésage ne vont pas manquer de se poser avec leur cortège de messages d'erreur.
- Il sera demandé aux élèves de justifier les résultats des calculs 1, 7, 8, 10 et 14 par la méthode de leur choix, mais sans recourir à la machine. Les calculs relatifs à ces justifications seront consignés dans le classeur.
- Dans le travail en groupe, des périodes de mise en commun sont indispensables. La consigne est alors de faire preuve de la plus grande attention.
- Rappeler quelle est la touche puissance ($\boxed{\wedge}$) et la syntaxe de la racine carrée (problème de la parenthèse fermante).
- Configuration du nombre de calculs, gardés en mémoire dans la zone d'affichage, avec $\boxed{\blacklozenge}$ puis F.
- Noter que les deux signes - ne sont pas identiques : ils sont de tailles différentes et sont décalés aussi bien sur la ligne de commandes qu'à l'affichage. De plus si on tape 3-(-4) on a 3-4 à l'affichage.
- Le curseur a deux formes : un trait vertical (|) en mode insertion, un carré (■) en "refrappe". On passe de l'une à l'autre avec $\boxed{2nd}$ puis $\boxed{\leftarrow}$ (bascule).
- Lors de l'étude de $\boxed{\text{MODE}}$ insister sur la présence de flèches vers la droite, vers le haut ou le bas.
- To display : afficher, montrer. Digit : chiffre.

MODULE N°2 : LA CALCULATRICE (I)

Une calculatrice permet de faire certains calculs, encore faut-il savoir les entrer dans la machine et être capable de procéder à des contrôles des résultats. Il faut aussi être conscient que toutes les calculatrices ont des limites...

Activité n° 1

Voir le manuel de la classe (Editeur Pythagore, page 8).

On pourra aussi calculer les nombres suivants A, B, C, etc. :

1. en utilisant les formules du cours
2. avec la machine

$A=0,5 \times 10^{-99} \times 10^{99}$	$B=10^{99} \times 10^{-99} \times 0,5$	$C=2 \times 10^{99} \times 10^{-99}$
$D=10^{100} \times 10^{-100}$	$E=2 \times 10^{100} \times 10^{-100}$	$F=10^{-100} \times 2 \times 10^{100}$

Pour s'entraîner à manipuler les puissances, on pourra vérifier les curiosités numériques suivantes :

- a) $9^3+5^3+2^3+9 \times 5 \times 2 = 952$; b) $1+3+3^2+3^3+3^4 = 11^2$;
c) $4^4+6^4+8^4+9^4+14^4 = 15^4$; d) $4^5+5^5+6^5+7^5+9^5+11^5 = 12^5$

Activité n° 2

Dans ces exercices, il s'agit d'effectuer des calculs et de **contrôler**, avec la machine, les résultats obtenus.

Le principe est le suivant :

1. Faire le calcul proposé à la machine : noter le résultat (il peut être exact ou approché).
2. **Effectuer le calcul en suivant les règles usuelles.**
3. Introduire le résultat dans la machine : comparer avec le 1.

MODULE N°2 : LA CALCULATRICE (2)

Enoncé	1 ^{er} résultat (calculatrice)	calcul usuel	2 ^{ème} résultat (calculatrice)
1) $a = \frac{1}{2} - \frac{2}{3 - \frac{2}{5}}$			
2) $b = \frac{3 + \frac{2}{3}}{5 - \frac{1}{2}} - \frac{2 - \frac{5}{2}}{3}$			
3) $c = \frac{1 - 5\sqrt{2}}{2\sqrt{2} - 1}$			
4) $d = 5\sqrt{3} + 2\sqrt{3}$ Calculer l'inverse de d			
5) $e = (\sqrt{3} - 2\sqrt{2})^3$			

Activité n° 3

Voici des équations, plus ou moins complexes. Il s'agit d'utiliser la machine pour trouver si l'un des nombres proposés est ou non solution de l'équation : il peut y avoir plusieurs réponses ou aucune.

Pour cette activité, on explicitera la méthode utilisée.

Equations	Solutions proposées - résultats numériques			
1) $3x^2 - 0,753x + 7,5 \times 10^{-4} = 0$	0,2499	3,1	0,25	0,001
2) $2x^2 - x\sqrt{2} = 2$	$\sqrt{3}$	-0,7071	-2	$-\frac{\sqrt{2}}{2}$
3) $12x^2 - 34x = -10$	2,499	1/3	0	0,33333

Présentation de la machine (1 heure)

Il s'agit de la première prise en main avec le professeur de la machine. Certains élèves l'ont déjà manipulée par eux-mêmes, d'autres la découvrent. Le professeur dispose d'une TI 92 rétroprojectable connectée au rétroprojecteur et la fait circuler dans la classe en demandant à chaque élève certaines manipulations qu'il commente.

Présentation du clavier

Le professeur présente les différentes touches du clavier, à l'aide d'un transparent reproduisant le clavier (réalisé par G. JUGE) : les touches 2^{nd} (il demande à un élève de taper $\square$), $\wedge$, $\blacklozenge$, la flèche verticale (pour les majuscules), les touches Fi, ESC et APPS, ainsi que les deux touches moins (soustraction et signe, ex : $3 - (-4)$), en insistant sur la différence d'affichage. Il mentionne aussi la différence de statut de la touche $\square$ qui ne sert plus à "calculer" et les diverses touches ENTER. L'enseignant présente également la touche CLEAR qui permet d'effacer la ligne de commandes et la flèche d'effacement arrière.

Présentation de l'écran

A partir d'un exemple $3 - (1 / (4 + 5))$, l'enseignant commente la fiche écran en insistant sur le fait que cette machine affiche simultanément le calcul qui a été demandé et le résultat : il présente la notion de *paire* (affichage-résultat), d'où la possibilité de contrôler que le résultat affiché est *conforme* à ce que l'on a voulu taper.

Présentation simultanée de la ligne d'état et de la touche mode

En faisant effectuer par les élèves, à travers divers exemples, des changements de modes (degré, auto, exact, approx), l'enseignant commente les changements induits sur le résultat et sur la ligne d'état et souligne ainsi l'importance de la *configuration* de la machine. Il traduit également, à la demande, les messages (ex : digit, float, fix, overflow, busy...) et les instructions (SAVE, CANCEL ...).



Recherche en groupes

Les élèves commencent les calculs du TP1 et on leur distribue une fiche pour noter les messages d'erreur rencontrés. Au vu des erreurs observées (sur les puissances), l'enseignant insiste sur la nécessité de *contrôler* ce que l'on a tapé, rappelle avec la calculatrice rétroprojetable comment modifier la ligne d'édition, la possibilité de passer du mode insertion au mode de remplacement. Il montre ensuite comment l'on peut récupérer des calculs intermédiaires dans la ligne d'édition au lieu de les retaper (ENTER, bien utile puisque pour éviter les changements de mode, il leur a été conseillé de travailler en colonne). Il commente également les premiers messages d'erreur rencontrés (erreur de syntaxe pour la parenthèse ouvrante, défaut de parenthèse pour la parenthèse fermante...).

L'étonnement ne vient pas des élèves au vu des résultats, mais plutôt des observateurs qui avaient pensé que des résultats "exacts" créeraient la surprise... les élèves n'en manifestent absolument aucune!

A la fin de la séance, distribution de la fiche "manipulation des expressions" pour préparer chez eux le TP 2.



TP 1 : SYNTHÈSE

La synthèse, en présence de toute la classe, porte essentiellement sur les manipulations (touche **MODE**, entre autres), sur les messages d'erreurs qui n'ont pas été nombreux, sur le fait que la machine, en mode exact, peut afficher des nombres entiers très grands, qu'elle transforme les décimaux en rationnels., etc. Cette synthèse est aussi l'occasion de rappeler que c'est l'affichage du calcul qui permet de contrôler ce qui a été tapé.

Le lien entre le TP 1 et le module n°2 est fait, mais peu d'élèves se souviennent des résultats de ce module où les calculs n° 1, 2, 5, 6 et 7 avaient déjà été effectués. Seul le calcul n°2 leur rappelle quelque chose, puisque une machine classique affiche 16909 au lieu de 16909,0000021 ou $\frac{169090000021}{10000000}$.

Quant aux calculs n° 8 à 14, ils n'ont suscité aucun étonnement de la part des élèves bien que les résultats affichés ne présentent pas de cohérence entre eux. Il en résulte que peu d'élèves ont interprété ces résultats sur le cahier. Pris par le temps et l'époque de l'année, où en seconde, il est difficile de revenir en détails sur les calculs de ce type, seuls les calculs 8 à 11 ont été interprétés. Les calculs 12 à 14 seront repris lors des TP suivants où seront abordées les commandes expand, factor, comdenom.

Conclusion à l'issue de ces premières séances :

- A l'exception de deux ou trois élèves qui ne parviennent pas à manipuler aussi vite que les autres, la bonne ergonomie de la machine a facilité une bonne prise en main par les élèves (d'autant plus que certains avaient largement "joué" avec la TI 92 durant les vacances de Noël).
- D'une façon générale les élèves semblent peu étonnés des résultats de la machine et par là même peu tentés de les interpréter. Il en résulte un retour écrit inexistant. Ceci sera à prendre en compte pour les séances suivantes pour lesquelles les consignes devront être affinées.
- Contrairement à ce qui avait été prévu, peu de messages d'erreurs ont été rencontrés et la plupart des élèves les ont parfaitement corrigés. C'est la raison pour laquelle une seule feuille contenant les consignes et les messages d'erreurs éventuels sera distribuée pour les TP 2 et 3.



Sélection d'un article dans un menu

Quelle que soit l'application, *les principes de sélection sont les mêmes*. On peut procéder de deux façons :

- ouvrir le menu choisi (voir  LES MENUS DE L'APPLICATION INITIALE)
- se déplacer dans le menu jusqu'à l'article voulu
- taper **ENTER**

ou bien

- ouvrir le menu choisi
- taper le numéro de l'article voulu.

Remarque : agir de même si l'article est dans un sous-menu.

Exemple : on veut factoriser l'expression $(x+2)^2 - (2x+4)(2x-3)$

Taper **F2** puis **2**. Sur la ligne de commandes apparaît **factor** (-noter l'affichage automatique de la parenthèse ouvrante-

Taper **(** **x** **+** **2** **)** **^** **2** **-** **(** **2x** **+** **4** **)** **(** **2x** **-** **3** **)** **)** **ENTER**

Ne pas oublier la parenthèse fermante qui, bien sûr, n'est pas affichée automatiquement.

Observer le calcul tapé à gauche de l'écran, le résultat à droite (voir  L'ECRAN).

D'autres exemples

Les exemples suivants sont conçus pour se familiariser avec les menus de l'application initiale et avec la manipulation d'expressions tapées sur la ligne de commandes, pour cela utiliser la fiche  MANIPULATIONS DES EXPRESSIONS.

Factorisations

Factoriser les expressions suivantes et inscrire les résultats sur la seconde ligne. Sur la troisième ligne inscrire les développements des factorisations obtenues (voir  MANIPULATIONS DES EXPRESSIONS)

**TP 2 : LES MENUS DE L'APPLICATION INITIALE (2)**

	$(2x-5)^2-(3x-4)^2$	$(\frac{1}{2}x-\frac{3}{4})^2+(2x-3)(x-1)$	x^2-5x+6	x^2+3	x^2-5x-9
Factorisations					
Développements					

Développements

Développer les expressions suivantes et inscrire les résultats sur la seconde ligne. Sur la troisième ligne inscrire les factorisations des développements obtenus (voir  MANIPULATIONS DES EXPRESSIONS)

	$(2x-3)^3$	$(5x-3)^2(x-1)-4(x-1)$	$(2x+2\sqrt{2}-3)(2x-2\sqrt{2}-3)$	$(x\sqrt{2}-\sqrt{3})(x\sqrt{3}-\sqrt{2})$
Développements				
Factorisations				

Nom : Prénom :



TP 2 & 3 : CONSIGNES

TP 2 : sur le cahier

Dans le cas où la machine afficherait un résultat inattendu ou incompréhensible, indiquer :

- l'expression concernée,
- s'il s'agit d'un développement ou d'une factorisation,
- le résultat renvoyé par la TI 92,
- vos remarques et commentaires,
- votre interprétation éventuelle de ce résultat.

TP 3 : sur le cahier

Série n°1 : Décrire le rôle des commandes **ENTER**, *Expand*, *Factor* et *ComDenom*.

Série n°2 : Décrire de façon détaillée les méthodes utilisées pour trouver les expressions qui sont égales, en particulier préciser les commandes qui ont été utilisées.

Citer une méthode générale pour démontrer que deux expressions $f(x)$ et $g(x)$ sont égales. Préciser cette méthode sur le cahier.

Série n°3 : Même consignes que pour la série n°2.

Que peut-on dire du calcul n°8 ?

Dans le tableau ci-dessous (TP 2 & 3)

• Noter dans la deuxième colonne les messages d'erreurs rencontrés ; si le même message intervient à plusieurs reprises, ne le noter qu'une fois.

- Noter dans la première colonne le calcul tapé ayant conduit au message d'erreur.
- Noter dans la troisième colonne la solution à ce message d'erreur.
- La liste de tous les messages d'erreurs et leurs significations se trouvent aux pages B-17 à B-28 du manuel.

Nom : Prénom :



TP 2 & 3 : MESSAGES OBSERVÉS

Calcul tapé	Message d'erreur	Solution

- Objectifs :**
- Utilisation des menus déroulants : ouvrir un menu, sélectionner un article, etc.
 - Introduction du calcul formel avec la TI 92.
 - Dans ce TP il s'agit d'apprendre aux élèves à utiliser les menus de l'application initiale et de leur montrer que les principes de navigation dans les menus et de sélection d'un article sont toujours les mêmes.
 - Il s'agit également de leur apprendre à passer de la ligne de commandes à la zone d'affichage afin de manipuler des expressions algébriques sans être obligé de les retaper.
 - Ce TP sera la première occasion de mettre l'accent sur les questions de syntaxe : **Factor** ($f(x)$) et **Factor** ($f(x),x$) par exemple.
 - En ce qui concerne les calculs on pourra montrer aux élèves que la machine effectue des calculs qu'ils n'ont pas encore les moyens de faire en seconde (factorisation de x^2-5x+6 par exemple).

Application utilisée : l'application initiale

Durée prévue : 1 heure

Disposition de la classe : demi-classe, les élèves se répartissant en groupes de 4 maximum.

Connaissances nécessaires

Connaissances concernant la machine

- Bonne connaissance du clavier et des principales touches de fonctions. Les fiches  LES MENUS DE L'APPLICATION INITIALE (1) et (2) seront distribuées aux élèves quelques jours avant la séance.

Connaissances mathématiques

- Etre capable d'effectuer des développements et des factorisations classiques.

Principales phases de la séance

- Présentation de la notion de menus déroulants, intérêt de ces menus.
- Commentaire de la fiche  LES MENUS.

- Travail des élèves sur la fiche ☒ LES MENUS DE L'APPLICATION INITIALE.
- Passage de la ligne de commandes à la zone d'affichage, étude de la fiche ☒ MANIPULATIONS DES EXPRESSIONS

Documents distribués aux élèves

☒ LE MENUS DE L'APPLICATION INITIALE (1) et (2)

☒ LES MENUS

☒ LES MENUS DE L'APPLICATION INITIALE

☒ MANIPULATIONS DES EXPRESSIONS

Au cas où des élèves seraient en avance la fiche du TP 3 sera distribuée.

Taches à effectuer

- Effectuer les développements et les factorisations figurant sur la fiche ☒ LES MENUS DE L'APPLICATION INITIALE, noter les résultats dans les cases réservées à cet effet.
- Consigner sur une feuille particulière les observations et les messages d'erreurs.
- Trouver la différence entre *Factor*(f(x)) et *Factor*(f(x),x).

Rôle de la machine

Révéler la possibilité de factoriser des expressions, qu'elles soient ou non sous une forme adéquate étudiée en troisième ou en seconde.

Comportement attendu

On peut penser que, dans un premier temps, l'ensemble de la classe va être étonné en constatant que la machine effectue des calculs qui, d'ordinaire, sont assez rébarbatifs. D'une façon générale, la classe suit avec application les consignes, donc il est probable que le travail demandé sera fait avec sérieux. Cependant la classe étant assez passive, il ne sera pas toujours facile de trouver une solution rapide aux divers blocages, en particulier pour tout ce qui concerne les messages d'erreurs, la gestion des parenthèses, la validation des calculs. On ne peut guère prévoir si les messages d'erreurs seront analysés, s'ils seront source de blocage ou bien si la touche **ESC** sera constamment utilisée, quitte à tout retaper.

Bien souvent les élèves n'ont aucun regard critique sur les résultats affichés par une machine à calculer. Ceci se conçoit aisément puisqu'aucun apprentissage¹ ne leur est proposé dans le premier cycle (à quelques exceptions près, bien sûr). Cette attitude va-t-elle se modifier avec la TI 92 ?

Interventions prévues

Je pense que l'essentiel de mes interventions concernera :

- les messages d'erreurs,
- les questions de syntaxe,
- la validation des calculs.

Ces interventions se feront avec la tablette de rétroprojection, il sera ainsi possible de demander à tel élève de taper devant la classe les calculs ayant conduit à un blocage.

Mots-clés - Fonction-clés - Touches-clés

Menus Article sélection

F1 F2 F3 F4 F5 F6 F7 F8

Factor Expand

¹ Dans ma classe de 30 élèves, 4 élèves, 5 tout au plus, savaient, en début de seconde, que leur machine effectue des calculs avec des fractions.

**Présentation de la fiche : LES MENUS (cf. première partie)**

Le professeur commente cette fiche en faisant manipuler la calculatrice rétroprojetable par les élèves :

- Ouvrir / fermer les menus et sous-menus déroulants, les élèves en connaissent le principe.
- Le menu [MATH]

Exemples : $\text{Sign}(4 - \pi)$, $\text{Sign}(1 - \sqrt{2})$, $\text{Sign}(x^2 + 1)$

Le professeur demande aux élèves d'anticiper les résultats.

$\text{Sign}(x^2 - 1)$: explication du résultat, la machine ne sait pas répondre (les élèves ne notent pas, bien que l'enseignant l'ait demandé...)

- Les menus [CATALOG], [CHAR], $\left[\bullet \right]$ $\left[k \right]$: les élèves manipulent sur les machines mais ne notent rien.
- Les touches raccourci-clavier.
- Présence de $\left[F1 \right]$ dans toutes les applications sauf celle de géométrie où elle est remplacée par $\left[F8 \right]$ (beaucoup d'élèves l'avaient déjà constaté).

Présentation de la fiche : LES MENUS DE L'APPLICATION INITIALE
(cf. première partie)

Le professeur commente le début de la fiche, il rappelle la syntaxe de factor : nécessité d'ouvrir une nouvelle parenthèse après $\left[\text{Factor} \right]$ pour factoriser $(x+2)^2 - (2x+4)(2x-3)$, l'élève qui manipule l'ayant oublié. Au bout de 30 mn, les élèves commencent les exercices du TP 2. Ils ne respectent pas les consignes. L'enseignant les relit avec eux. Très peu d'élèves prennent des notes pour tenter d'expliquer les incohérences de certains résultats affichés par la machine.

Le professeur intervient pour faire prendre conscience des différences entre un calcul "machine" et un calcul "papier/crayon" et ainsi susciter des réflexions. Il rappelle trois fois la nécessité de vérifier les résultats, pour certains élèves cela apparaît inutile.

Remarque :

au lieu de $\text{Expand}((2x+2\sqrt{2-3})(2x-2\sqrt{2-3}))$ un élève tape $\text{Expand}((2x+2\sqrt{2-3})(2x-2\sqrt{2-3}))$

Aucun message d'erreur n'apparaît, malgré la présence de 2-3 sous les radicaux! ¹

¹ Le fait que la TI 92 calcule avec des complexes constitue un réel problème en seconde et en première surtout lorsque, comme ici, cela intervient au cours d'un calcul.



Mise en commun

En reprenant les différentes expressions, le professeur demande aux élèves s'ils sont capables de différencier les trois formes en présence : factorisée, développée, ou autre. Il est clair que certains ne savent pas faire la différence.

Exemple : $(2x-3)(2x-3)$ n'apparaît pas comme une forme factorisée, car on peut écrire : $(2x - 3)^2$.

La présence de racines carrées perturbe beaucoup les élèves dans la reconnaissance des formes, en particulier avec $(2x+2\sqrt{2}-3)(2x-2\sqrt{2}-3)$ et $(x\sqrt{2}-\sqrt{3})(x\sqrt{3}-\sqrt{2})$. Le professeur signale que la machine affiche $\sqrt{3}.\sqrt{2}$ au lieu de $\sqrt{6}$: les élèves ne l'avaient pas remarqué.

Dans le dernier calcul on développe $(x\sqrt{2}-\sqrt{3})(x\sqrt{3}-\sqrt{2})$, on obtient $\sqrt{3}\sqrt{2}x^2 - 5x + \sqrt{3}\sqrt{2}$ si l'on demande une factorisation de cette dernière expression on obtient $\frac{(x-3)(x-2)}{6}$ qui est différente de la factorisation initiale. A l'exception d'un groupe, personne n'a prêté attention à cette différence. Certains élèves expliquent qu'il n'est pas nécessaire de vérifier que les deux expressions sont égales puisqu'elles sont affichées par la machine, d'autres affirment que l'expression initiale n'était pas une forme factorisée. Seul le groupe qui a noté une incohérence apparente effectue un calcul à la main pour montrer qu'il s'agit bien de la même expression.

La séance se termine sans que les élèves n'aient réellement pris de notes. Il leur est demandé de terminer le travail, observations et interprétations comprises pour la semaine suivante.



TP 2 : SYNTHÈSE (I)

Comme dans la première séance, il avait été décidé de présenter à toute la classe les documents d'accompagnement avant de passer au TP 2 qui porte sur des transformations d'expressions, apparemment simples. La présentation collective de documents fige la classe dans une attitude passive qui nuit à son dynamisme ; les élèves ont quelques difficultés à suivre avec intérêt une telle présentation.

Cependant la cohérence de la machine dans l'utilisation de ces divers menus (où trouve-t-on la commande valeur absolue? intérêt de la fonction *Sign*, etc.) nécessite que l'on s'y attarde, en particulier avec les élèves les plus lents. Il semble en effet indispensable de laisser à ces élèves le temps nécessaire à une bonne prise en main de la machine. La première heure a surtout porté sur la présentation des documents, la deuxième sur la manipulation d'expressions (voir TP 2).

Lors de cette séance, on a pu constater un certain décalage entre ceux qui déjà ont atteint une réelle dextérité dans la manipulation et les autres pour lesquels des interventions sont nécessaires. En fait ces interventions sont beaucoup plus dues à un mauvais contrôle de ce que la machine affiche (et donc de ce que l'élève tape) qu'à de réelles erreurs.

Une intervention sur les formes factorisées et développées d'un polynôme a été nécessaire. Il est clair que deux groupes au moins n'ont pas reconnu dans les expressions $(2x+2\sqrt{2}-3)(2x-2\sqrt{2}+3)$ et $(x\sqrt{2}-\sqrt{3})(x\sqrt{3}-\sqrt{2})$ des formes factorisées, ce qui fut très préjudiciable pour la suite. En effet, il est clair qu'à l'exception d'un groupe, qui a bien saisi les contradictions que les résultats présentaient, le reste de la classe a noté avec beaucoup d'indifférence les résultats affichés par la machine.

A titre d'exemple, la machine, en mode exact, factorise x^2-5x+6 mais pas x^2-5x+9 (sauf si on tape **Factor**(x^2-5x+9,x)). En mode exact toujours, si l'on développe $(x\sqrt{2}-\sqrt{3})(x\sqrt{3}-\sqrt{2})$, puis si l'on demande une factorisation de l'expression obtenue, on ne retrouve pas l'expression initiale (sauf si l'on tape **Factor**(($x\sqrt{2}-\sqrt{3})(x\sqrt{3}-\sqrt{2})$), x)).



Comme dans la première séance, il a été très difficile d'obtenir un retour écrit des observations faites sur la machine. Il y a donc un réel problème pour concilier les activités machine et le retour papier / crayon. De plus, on a encore pu constater une certaine indifférence devant les résultats affichés, la tendance étant de faire confiance à la machine quels que soient les calculs effectués. Il n'est pas facile de déstabiliser des élèves dont la pratique du calcul algébrique est souvent insuffisante. Il en résulte que peu nombreux sont ceux capables d'anticiper la forme d'un résultat, ce qui pourrait expliquer l'attitude passive de certains.

Ce TP a montré que la notion de factorisation (action de factoriser) et de forme factorisée (le résultat) ne sont pas acquises pour certains élèves. Une élève a exprimé ce que les membres de son groupe pensaient probablement tout bas : "je ne sais pas ce qu'est une factorisation". Il est normal qu'une telle élève ne sache pas critiquer ou prévoir des résultats. Pour elle, la machine peut constituer un handicap, cependant elle agit indiscutablement comme un révélateur pour le professeur qui découvre des difficultés ignorées ou sous-estimées.

A la suite des observations faites dans les TP 1 et 2 et afin de préparer le TP 3, le texte de ce dernier est distribué à l'avance, avec pour consigne d'effectuer à la maison les calculs figurant dans ce TP en notant avec soin les messages d'erreurs. Les observations et l'analyse des résultats se dérouleront en classe.



TP 3 : EXPRESSIONS ALGÈBRIQUES (1)

Série n° 1 : compléter le tableau suivant avec les commandes indiquées.

	Expressions	ENTER	expand	factor	comDenom
1	$\frac{3}{x-1} + \frac{5x-1}{x-2}$				
2	$\frac{x-4}{(x-2)(2x-1)} + 2$				

Série n° 2 : Indiquer quelles sont, sur la première ligne, les expressions qui sont égales ; notez vos résultats dans la dernière colonne. Recommencer pour les deux lignes suivantes.

	f(x)	g(x)	h(x)	k(x)	Résultats
3	$\frac{1}{x} + \frac{3x-5}{x-7}$	$\frac{3x^2-4x-7}{x(x-7)}$	$\frac{2}{x} + 2 + \frac{16}{x-7}$	$\frac{(x+1)(3x-7)}{x(x-7)}$	
4	$\frac{x^2-6x+2}{2x-1}$	$\frac{11}{4} \cdot \frac{x}{2} + \frac{3}{4(2x-1)}$	$\frac{(x-\sqrt{7}-3)(x+\sqrt{7}-3)}{2x-1}$	$\frac{x}{2} + \frac{4-11x}{2(2x-1)}$	

Série n° 3 : Les expressions A et B sont égales ; comment peut-on, avec la TI 92 passer de A à B ou de B à A ? Est-ce toujours possible ?

	A	B
7	$6 + \frac{35}{4(x-3)} - \frac{7}{4(x+1)}$	$\frac{6x^2-5x-4}{(x-3)(x+1)}$
8	$\frac{\sqrt{2}-1}{\sqrt{3}-2} + \frac{2}{\sqrt{3}-\sqrt{2}}$	$2+3\sqrt{3}-\sqrt{6}$
9	$\frac{2x^2-3x-2}{(x-4)(3x-1)}$	$\frac{(x-2)(2x+1)}{3x^2-13x+4}$

- Objectifs :**
- L'objectif fondamental reste la lecture et l'interprétation des résultats affichés. En effet, même sur des exemples simples, les résultats obtenus en appuyant uniquement sur la touche **ENTER** sont rarement ceux que l'on attend usuellement. Il s'agit donc d'inciter les élèves à mettre en oeuvre des méthodes d'identification de plusieurs écritures d'une même expression, avec l'idée que la forme retenue dépend du problème à résoudre¹.
 - Il s'agit ainsi d'apprendre à avoir un regard critique sur les résultats affichés par une machine.
 - Parmi les méthodes retenues, on mettra l'accent sur l'étude de la différence de deux expressions pour les comparer.

Application utilisée : l'application initiale

Durée prévue : 1 heure avec des prolongements à la maison

Disposition de la classe : demi-classe, les élèves se répartissant en groupes de 4 maximum. Dans cette séance, j'aimerais que la tablette de rétroprojection soit accessible par groupe plutôt que par l'ensemble de la classe (voir interventions prévues).

Connaissances nécessaires

Connaissances concernant la machine

- Savoir manipuler les menus, savoir sélectionner les articles *Expand* et *Factor*.
- Savoir passer de la ligne de commandes à la zone d'affichage et vice versa.

Connaissances mathématiques

- Etre capable de faire des développements et des factorisations.
- Savoir que la comparaison de deux nombres peut se faire par l'étude de leur différence.

¹ Lorsqu'on tape une expression au clavier suivie de **ENTER** sans utiliser de fonction mathématique, la machine procède à une "simplification" de l'expression entrée. Ainsi une fonction rationnelle est elle décomposée en éléments simples. Les résultats affichés sont parfois prévisibles, parfois très surprenants, aussi est-il abusif de parler de simplification de l'expression, il semble préférable de parler d'évaluation.

Principales phases de la séance

Afin de préparer le TP les élèves ont à démontrer, à l'avance, que les expressions A et B des calculs 7, 8 et 9 sont égales. La série n°3 consiste à passer d'une expression $f(x)$ à une expression $g(x)$ sachant que $f(x) = g(x)$. Pour chaque calcul, l'égalité $f(x) = g(x)$ a été démontrée, à la main, dans le cadre d'exercices préparatoires effectués à la maison.

- Utilisation de la touche **ENTER**. Des expressions, écrites au tableau ou proposées par les élèves, seront tapées et évaluées avec **ENTER**. Qu'observe-t-on ?
- Poursuite du travail avec les calculs de la fiche  TP 3 EXPRESSIONS ALGEBRIQUES.

Documents distribués aux élèves

TP 3 EXPRESSIONS ALGEBRIQUES

Une feuille sur laquelle seront consignés les observations et le relevé des messages d'erreurs.

Tâches à effectuer

- Utiliser la touche **ENTER** sur des exemples simples de calcul formel.
- Ecrire une expression sous plusieurs formes (avec *Factor*, *Expand* et *ComDenom*).
- Identifier des expressions.
- Trouver la commande ou les successions de commandes qui permettent d'obtenir une forme donnée (en particulier aucune commande ne fournit, à priori, une fraction rationnelle avec un numérateur développé et un dénominateur factorisé, le contraire non plus, d'ailleurs).

Rôle de la machine

Quelle est la meilleure forme pour l'écriture d'une expression ? Il est probable que c'est celle qui permet de poursuivre le problème entrepris. C'est bien sûr un point de vue d'expert. Les élèves, au contraire, ne perçoivent pas forcément la pertinence de telle ou telle écriture. Pour s'en rendre compte il suffit de voir, en seconde, à quel point les formes développées sont privilégiées.

La machine en affichant des résultats le plus souvent inattendus pour les élèves devrait permettre d'entreprendre une réflexion sur ce thème. Il va être possible de concevoir des exercices plus complexes dans le but de dégager des méthodes d'identification des expressions.

Remarque : les équations du second degré ne sont pas au programme en seconde, mais on peut bien sûr traiter des exercices qui s'y ramènent par des calculs simples. En particulier on traite les cas qui se ramènent à des produits ou à des quotients de polynômes du premier degré (à coefficients réels). On peut s'interroger sur la pérennité de ce type d'exercices avec la TI 92 puisque la commande *Solve* ne nécessite pas de forme particulière pour l'équation qu'elle résout.

Comportement attendu

Il semble très difficile de prévoir si les élèves vont être ou non gênés par les problèmes de syntaxe ou d'ergonomie de la machine. On peut malgré tout penser que le travail fait durant les premières séances sera réinvesti et que la pratique de l'ordinateur qu'ils ont en général, facilitera l'accès à la machine.

Il est probable que les élèves vont être, dans l'ensemble, déconcertés par les résultats affichés.

Factor et *Expand* appliqués à des expressions comme $\frac{2}{x-3} + \frac{2x-5}{x-1}$ ou $\frac{2x^2-9x+13}{x^2-4x+3}$ risquent de susciter de nombreuses interrogations. On peut craindre que la passivité régnant dans la classe conduise certains à des impasses telles qu'ils se retrouvent bloqués sans réelle volonté de s'en sortir. Il sera probablement difficile d'aller à l'essentiel à savoir : quand peut-on conclure à l'égalité de deux expressions ? La série n°3 présente des expressions classiques que l'on peut taper sur la machine, mais qu'il est impossible d'obtenir en tant que résultats à l'écran. Cependant le second calcul de cette série résiste à A-B.

Interventions prévues

Je pense intervenir au niveau des groupes plutôt que pour l'ensemble de la classe. En effet il me semble qu'il faudra veiller à stimuler individuellement le travail compte tenu de la difficulté de celui-ci.

La mise en commun portera sur les méthodes d'identifications possibles, avec ou sans machine. Cette synthèse sera faite, si c'est possible, oralement, à la fin de la séance, sinon à l'heure suivante en classe entière.

Mots-clés - Fonction-clés - Touches-clés

Identification *Factor*, *Expand*, *ComDenom*, ENTER

L'objectif fondamental de cette séance est d'amener les élèves à prendre conscience de l'absence d'unicité d'écriture d'une expression. Ceci pourrait être l'occasion, en seconde, de faire sentir que certaines écritures sont plus pertinentes que d'autres et que cette pertinence est liée au problème à résoudre.

C'est surtout lorsqu'on évalue une expression avec **ENTER** que les problèmes risquent de se poser en seconde, il faudra donc consacrer un temps non négligeable à l'utilisation de cette touche.

On prendra les exemples simples ci-dessous qui devraient suffire à provoquer la discussion :

Ces exemples pourront être écrits au tableau :

Expressions	ENTER
$(x-2)^2 + (2x-4)(x-5)$	Factorisation
$(x-3)^2 - (1-2x)^2$	Développement
$\left(\frac{1}{2}x - \frac{3}{4}\right)^2 + (2x-3)(x-1)$	Factorisation

A partir de ces exemples et des discussions qui en résulteront la séance se poursuivra avec la fiche TP3, où des exemples plus complexes sont proposés. L'étude de situations complexes n'est pas un objectif en soi. Elle permet aux élèves non seulement de se demander à quelle condition deux expressions sont égales mais aussi d'aborder des calculs compliqués que beaucoup n'oseraient pas entreprendre en temps normal.

De plus les résultats "non prévus" et "non prévisibles" doivent inciter les élèves à utiliser les menus, afin d'anticiper, grâce à *Expand*, *Factor*, *ComDenom*, etc., les résultats obtenus.

Par la suite, en cas de résultats incongrus, ne pas oublier de demander la commande utilisée !

☛ Le TP3 comporte des produits implicites du type $x(x+3)$, le symbole de la multiplication est indispensable pour ne pas confondre avec la notation fonctionnelle.

Ce TP a été préparé à la maison, d'une part en environnement Papier/Crayon et d'autre part avec les machines. L'enseignant demande tout d'abord les nouveaux messages d'erreur qui sont apparus et les explique :

" Invalid implied x " : quand x est en facteur, il est nécessaire de mettre * devant le facteur, sinon comment la machine peut-elle distinguer f(x) et f*x (exemple pris avec f(f+1) et f*(f+1)). Les élèves ne prennent toujours aucune note.

- **Pour la série 1**, l'enseignant commente les résultats après les avoir écrit au tableau. Le numérateur de 1 n'est pas factorisé quand on utilise **Factor**, par contre pour **ComDenom** il y a une réduction au même dénominateur et, en outre, les numérateur et dénominateur sont développés. La commande **Expand** décompose l'expression en plusieurs expressions ayant comme dénominateur les différents facteurs du dénominateur de l'expression du départ. L'enseignant rappelle que la touche ENTER ne donne pas un résultat cohérent (rappel à partir du TP 2). Il propose également de comparer **Factor** (expr) et **Factor** (expr, x) pour l'expression $6x^2 - 3x - 5$. Les élèves constatent ainsi que **Factor** (expr, x) permet des factorisations plus poussées :

$$\text{Exemple : } \frac{3}{x-1} + \frac{3x-1}{x-1} = \frac{(10x+3)(10x-3)}{20(x-1)(x-2)}$$

L'enseignant leur demande de noter dans leur cahier ce que font les différentes touches utilisées.

- **Pour la série 2**, les élèves doivent décrire dans leur cahier comment ils sont arrivés au résultat ; la plupart ne se rappelle absolument pas... Certains élèves (une part semble-t-il importante) ont vérifié l'égalité demandée pour une seule valeur de x : $x = 2$ par exemple. Deux élèves l'ont vérifié pour $x = \pm\infty$ (à la suite d'une question d'un observateur, il apparaît que vérifier pour $x = \pm\infty$, c'est le vérifier **pour tout x!**) : ceci peut s'expliquer par le fait que leur seule rencontre avec l'infini est pour l'instant relative aux intervalles non bornés.

Après avoir constaté qu'une grande majorité des élèves utilise encore la touche ENTER, l'enseignant intervient pour rappeler que la touche ENTER ne fait pas toujours la même chose, et que par conséquent, il faut choisir parmi les fonctionnalités **Expand**, **ComDenom** ou **Factor**. Certains élèves décident de faire systématiquement les trois, plutôt que de choisir a priori !¹

¹ Par exemple, l'élève E2 (cf cinquième partie).



La réponse à la question "Comment fait-on pour montrer que deux expressions sont égales en environnement papier/crayon ?" doit être écrite dans le cahier. La réponse la plus générale est : on calcule, on développe ; une élève seulement¹ propose de regarder si la différence est nulle. Un élève propose d'utiliser la fonctionnalité *Solve* qui, effectivement, retourne true lorsque les deux expressions sont égales.

A propos du calcul 4, un élève propose de montrer "à la main" que :

$\frac{3}{x} + 2$ et $\frac{2}{x} + 2$ sont égaux...

¹ Il s'agit de l'élève E1 (cf cinquième partie).



Cette synthèse comprend deux parties :

Première partie

- Retour sur l'insuffisance de la touche ENTER pour traiter une expression : à travers les calculs vus dans les TP 2 et 3, l'accent est mis sur la difficulté de prévoir des résultats avec cette seule touche. D'où la nécessité de faire subir aux expressions des transformations précises : **Expand**, **Factor**, **ComDenom** pour pouvoir anticiper et maîtriser les calculs.

- Au passage sont précisés les rôles de **Factor(f(x))** et **Factor(f(x),x)**, cette dernière commande permettant de factoriser x^2-5x-9 (TP 2), $4x^2-12x-3$ (TP 2) et $\frac{5x^2-3x-5}{(x-2)(x-1)}$ (TP 3). C'est cette commande qui permet de lever les incohérences apparentes du TP 2 où des expressions factorisées ont été développées mais pas "re"factorisées.

- Retour sur la notion de multiplication implicite.

- Un retour est fait sur la commande **Expand** qui permet d'affiner les calculs contenant des racines carrées (cf. TP 1) sans toutefois obtenir systématiquement des résultats dont la forme est celle que nous rencontrons usuellement.

Deuxième partie

Il s'agit ici de faire le point sur les méthodes proposées pour identifier deux expressions.

Voici ici résumées les méthodes proposées par les élèves pour répondre à la question : comment être sûr que $f(x) = g(x)$?

- Pour montrer que $f(x) = g(x)$, j'essaie avec $x = 1$ ¹.
- Pour montrer que $f(x) = g(x)$, je tape $f(x) = g(x) \mid x = +\infty$ puis $f(x) = g(x) \mid x = -\infty$, si le résultat est *true* c'est que $f(x) = g(x)$ ².

¹ Durant la semaine précédente, ont été abordés les systèmes linéaires sans utiliser la TI 92 pour les résoudre. Par contre, l'enseignant a proposé aux élèves de vérifier leurs solutions en utilisant le "tel que", à savoir le trait vertical $\mid$ qui permet de donner une valeur à une variable sans que celle-ci soit déclarée comme telle. C'est cette fonction que certains ont réutilisé dans le TP 3. L'élève E2 fait partie de ce groupe.

² La TI 92 permet de tester l'égalité de deux nombres : si l'on tape $4^2 = 16$ puis **ENTER**, on obtient *true*, mais si on tape $f(x) = g(x)$ puis **ENTER** on n'obtient aucune réponse. Cependant si on tape $f(x)-g(x) = 0$ puis **ENTER** d'une part et si la machine parvient à évaluer $f(x)-g(x)$ d'autre part, on a une réponse qui est *true* ou *false* suivant les cas. Si l'évaluation est possible, que l'on tape $f(x) = g(x)$ ou $f(x)-g(x) = 0$, on a *true* ou *false* dès lors que l'on donne une valeur à x (valeur qui peut être, hélas, $+\infty$ ou $-\infty$), les élèves E6 et E8 font partie de ce groupe.



- Pour montrer que $f(x) = g(x)$, je fais subir à $f(x)$ et à $g(x)$ la même transformation, par exemple expand, si les résultats sont identiques, j'en déduis que $f(x) = g(x)$ ¹.
- Je tape $f(x) = g(x)$, si j'obtiens *true* alors les deux expressions sont égales ².

La première réaction est prévisible en seconde, on peut sans doute l'interpréter par le fait que les élèves n'ont pas l'habitude de manipuler des expressions algébriques et plus sûrement identifier la confusion constante entre théorème direct et théorème réciproque : si $f(x) = g(x)$ alors $f(1) = g(1)$ devient si $f(1) = g(1)$ alors $f(x) = g(x)$. Cette confusion est quasi systématique dans le groupe des élèves E1 et E2. Il est probablement possible de les déstabiliser avec des exemples simples, mais il n'est pas certain pour autant qu'une telle erreur ne se reproduira pas.

La deuxième réaction est plus inattendue. Dans les jours qui ont précédé la séance les élèves ont rencontré des systèmes du premier degré dont l'un était équivalent à $2x + y = 4$, il a été dit que les solutions de ce système étaient constituées des couples de la forme $(x, 4 - 2x)$, où x varie de $-\infty$ à $+\infty$. Il est probable que cette réponse n'est qu'une conséquence de cet exercice. Cependant l'on remarque que cette réponse est le fait d'un groupe de garçons, parmi les meilleurs de la classe, qui manipulent et connaissent déjà très bien la TI 92. Dans leur esprit, il est clair qu'écrire $f(x) = g(x) \mid x = +\infty$ et $f(x) = g(x) \mid x = -\infty$ signifie que x varie de $-\infty$ à $+\infty$. Pouvoir manipuler l'infini comme un nombre banal ne va pas manquer de soulever des questions comme nous l'avons souligné dans [Canet & al 96]. Quelle attitude adopter en seconde ? Faut-il "interdire" (?) l'utilisation de cette touche ?

Il est clair que les deuxièmes et troisièmes réponses permettent de dégager les méthodes recherchées, elles sont le fait de quatre filles de la classe dont la principale qualité est d'être méthodique.

Conclusion

Le travail préliminaire demandé à propos de ce TP a été correctement effectué à la maison, seuls quelques élèves n'ont pas réussi à effectuer à la main les derniers calculs. L'objectif de ce TP était de mettre en œuvre des stratégies pour s'assurer que deux expressions sont égales. Outre les méthodes classiques, certains élèves ont su tirer partie de la TI 92 en appliquant à chaque expression la même commande de la machine.

¹ L'élève E7 fait partie de ce groupe.

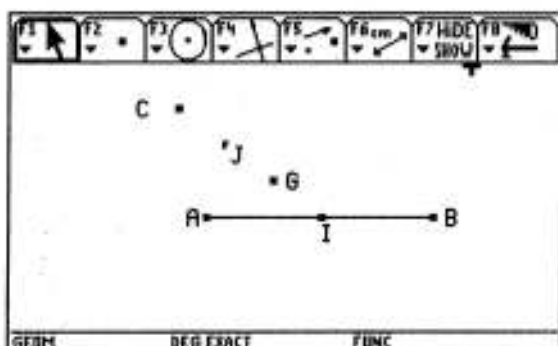
² Réponse de l'élève E1.



Construction n°1

On considère trois points non alignés A, B et G. Construire le point C tel que G soit le centre de gravité de ABC.

Exemple : ici la construction a été faite à la machine, le programme est donné, les outils indispensables ont été dégagés. Par contre la démonstration n'a pas été faite.



Une solution consiste à construire le symétrique J du milieu I de [AB] par rapport au point G, le point C est alors le symétrique de G par rapport à J.

Pour faire cette construction on a besoin de savoir construire :

- le milieu d'un segment,
- le symétrique d'un point par rapport à un autre.

La TI 92 permet de faire ces constructions.

On demande de faire les quatre constructions suivantes.

NB : Il est possible que des constructions aient plusieurs solutions et que des constructions ne soient possibles que si certaines conditions (**à préciser**) sont vérifiées.

Construction n°2

Soit A, B et H trois points non alignés. Construire un point C tel que H soit l'orthocentre du triangle ABC.

Construction n°3

Soit A, B et O trois points non alignés. Construire un point C tel que O soit le centre du cercle circonscrit au triangle ABC.

Construction n°4

Soit A, B et O trois points non alignés. Construire un point C tel que O soit le centre du cercle inscrit dans le triangle ABC.



Construction n°5

Soit A, B et C trois points non alignés. Construire le point D tel que ABCD soit un parallélogramme.
On demande de trouver au moins quatre solutions différentes :

1. une solution qui s'appuie sur le parallélisme uniquement,
2. une solution qui s'appuie sur le parallélisme et le report de longueur,
3. une solution qui utilise la symétrie centrale,
4. une solution vectorielle.



TP 4 : L'APPLICATION GEOMETRIQUE (1)

Dans l'application GEOMETRY, le curseur peut prendre plusieurs formes lors des différentes constructions. Ces formes dépendent des actions en cours. Ces formes et leurs significations sont rappelées page 6-66 du manuel.

	La flèche	Apparaît quand le curseur est près d'un objet: point, segment, droite, polygone, cercle, ..., nombre, label, texte, commentaire, ...
	Croix	Apparaît quand un pointeur du menu [F1] est sélectionné ou quand le curseur est en déplacement.
	Crayon de création	Apparaît quand un outil de construction est actif, c'est-à-dire lorsqu'il a été sélectionné dans un des menus.
	Crayon de placement	Apparaît quand un outil de construction est actif et qu'un point peut être placé sur un objet (point sur une droite, un cercle, un polygone, etc.).
	Main de déplacement	Un objet sélectionné peut être déplacé. Cet objet peut être un objet géométrique de base, un nombre, un label, un texte, un commentaire. En mode "pointer" (i.e. après avoir tapé [F1] [I] ou [ESC]), sélectionner l'objet, appuyer simultanément sur et pour le déplacer ou bien taper [2nd] puis et déplacer ensuite l'objet avec . Dans le dernier cas noter le symbole @ sur la ligne d'état. Taper éventuellement [ESC] pour revenir en mode normal.
	Main de glissement	Appuyer simultanément [2nd] et ; on peut faire glisser ainsi l'ensemble de la figure sur l'écran.
I	En I	Des textes ou des nombres peuvent être entrés, ou édités, dans une étiquette (label) ou une boîte de commentaires (comment).
	Fenêtre de texte	Ouvre une boîte de commentaires qui devient active.
	Pinceau	Apparaît lorsque les articles Thick (épais) ou Dotted (pointillés) du menu [F7] ont été sélectionnés.

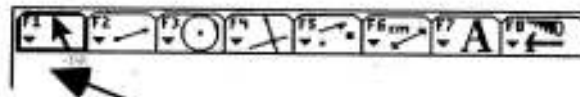


TP 4 : L'APPLICATION GEOMETRIQUE (2)

☛ Pour déplacer un objet il est impératif que l'article **1** du menu **F1**, c'est-à-dire **Pointer**, soit actif exactement comme dans la barre de menu ci-dessous où apparaît la flèche (➤), encadrée d'un liseré noir plus épais.

On peut passer en mode Pointer à partir de n'importe quel menu, il suffit de :

- taper **F1** puis **1**,
- ou plus simplement **ESC**



Le mode Pointer a été sélectionné, on peut déplacer des objets

Objectifs : Ce TP a pour but la prise en main, en seconde, de l'application de géométrie. La distribution des calculatrices ayant eu lieu la veille des vacances de Noël, il était difficile de concevoir une prise en main de cette application comme celle qui aurait pu être faite en début d'année scolaire.

L'idée retenue a consisté à donner assez longtemps à l'avance une série de constructions classiques, déjà rencontrées par les élèves, soit en seconde, soit dans le premier cycle. Ces constructions doivent être faites à la maison en respectant les consignes suivantes :

- effectuer la construction demandée (règle et compas),
- écrire le programme de construction de la figure, au sens où cette terminologie est utilisée dans le premier cycle,
- justifier la construction,
- *dégager du travail précédent les outils indispensables pour effectuer la construction, par exemple : la médiatrice d'un segment, le cercle passant par un point donné de centre un point donné, la bissectrice d'un angle.*

L'idée de la dernière consigne est de dégager les "*constructions élémentaires*" pour réaliser la totalité de la construction.

S'agissant d'utiliser CABRI II, il ne reste plus qu'à chercher, dans les menus déroulants, la présence ou non des constructions ainsi dégagées.

Application utilisée : l'application GEOMETRY

Principales phases de la séance

Travail à la maison.

Synthèse en classe.

Documents distribués aux élèves



PREPARATION DU TP 4



TP 4 : L'APPLICATION GEOMETRIQUE

Contrairement à ce qui avait été prévu, le TP 4, consacré à la géométrie, n'a pas fait l'objet d'observations particulières pour deux raisons au moins :

- la difficulté de consacrer beaucoup de temps, à cette époque de l'année, à des notions étudiées dès la rentrée scolaire,
- le travail préparatoire effectué par les élèves n'a pas permis de mener à bien une initiation efficace.

Le TP 4 prévoyait un certain nombre de constructions, familières pour certaines, nouvelles pour d'autres, portant toutes sur des objets géométriques simples rencontrés dans le premier cycle.

Les élèves devaient :

- réaliser les constructions, sur le cahier,
- écrire les programmes de constructions (au sens où on l'entend dans le premier cycle),
- rédiger les démonstrations sous-jacentes aux constructions,
- enfin, et c'était le plus important, rechercher les outils nécessaires à la réalisation des figures sur la TI 92.

Il s'est trouvé que, d'une façon générale, le travail effectué n'était pas exploitable. C'est pourquoi l'essentiel de la synthèse a porté sur la comparaison de deux copies d'élèves l'une correcte, l'autre non, dans lesquelles on retrouvait une bonne partie des difficultés rencontrées au cours de l'expérimentation : non respect des consignes, rédaction déficiente, verbalisation difficile.

Cependant, comme le montrent les premiers entretiens ainsi que les réponses aux divers questionnaires (cf. quatrième partie), les élèves ont acquis une certaine maîtrise de l'application de géométrie en s'initiant seuls, chez eux, ou bien durant les quelques moments qui lui ont été consacrés en classe. De plus, lors des TP 5 & 7, nous avons pu constater que les manipulations ne posaient pas de difficultés particulières.



TP 5 : FONCTIONS-APPROCHE ALGEBRIQUE

Application utilisée : l'application initiale

Préparation de la TI 92 : taper $\diamond$ puis [HOME] éventuellement

A. On considère l'expression $\ell(x) = \sqrt{100 + x^2} + 2,5 + \sqrt{1625 - 80x + x^2}$

pour programmer l'expression $\ell(x)$ utiliser:

[F4] [1] : Define $\ell(x) = \sqrt{100 + x^2} + 2,5 + \sqrt{1625 - 80x + x^2}$ (cf. LES FONCTIONS)

≈ 1) Développer $(40-x)^2 + 25$. En déduire que l'on peut calculer $\ell(x)$ pour toutes les valeurs de x .

≈ 2) Compléter le tableau suivant par des valeurs approchées de $\ell(x)$ à 10^{-1} près.

x en m	0	5	10	15	20	25	30	35	40
$\ell(x)$ en m									

pour obtenir $\ell(0)$, c'est-à-dire $\ell(x)$ quand $x = 0$, taper $\ell(0)$ puis **[ENTER]** ou $\diamond$ puis **[ENTER]**.

≈ 3) Sur du papier millimétré, placer dans un repère, les points de coordonnées $(x, \ell(x))$. On choisira un repère orthogonal ; unité : 0,5cm sur l'axe des abscisses, 1cm sur l'axes des ordonnées.

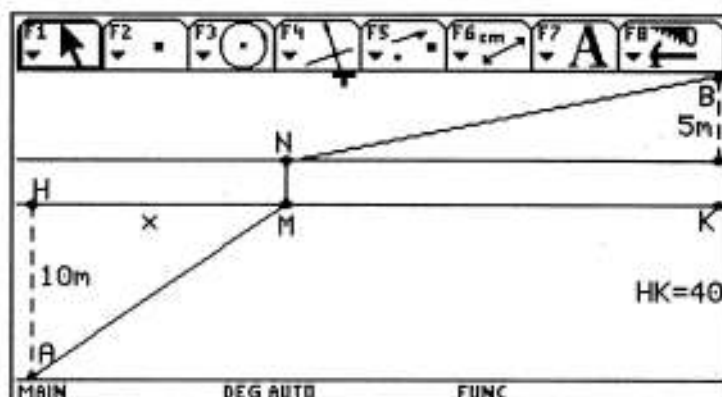
B. Les maisons d'Alain (A) et Bernard (B) sont séparées par un ruisseau de 2,5m de large. Ils désirent construire, entre H et K (avec $HK=40m$), une passerelle ([MN]) perpendiculaire au ruisseau de façon que le trajet AMNB soit de longueur minimum.

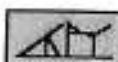
≈ 1) On pose $HM = x$

Démontrer que $AM + MN + NB = \ell(x)$.

≈ 2) En tenant compte des résultats du A, où doit-on placer la passerelle ?

3) En utilisant la TI 92, améliorer la précision du résultat du B-2).





TP 5 : FONCTIONS-APPROCHE GRAPHIQUE (1)

Application utilisée : l'application graphique [GRAPH].

Préparation de la TI 92 :

Se placer dans l'application initiale en tapant $\blacklozenge$ puis [HOME] éventuellement.

Taper PONTGRA() puis [ENTER]. La machine passe automatiquement sur [GRAPH].

Les maisons d'Alain (A) et Bernard (B) sont séparées par un ruisseau de 2,5m de large. Ils désirent construire une passerelle ([MN]) perpendiculaire au ruisseau de façon que le trajet AMNB soit de longueur minimum (voir figure n°1).

Lors du lancement du programme PONTGRA(), l'on obtient une courbe similaire à celle de la figure n°2 ; elle représente la longueur $\ell(x)$ du trajet AM+MN+NB en fonction de la distance $HM = x$. Un point de la courbe a pour coordonnées $(x, \ell(x))$.

Figure n°1

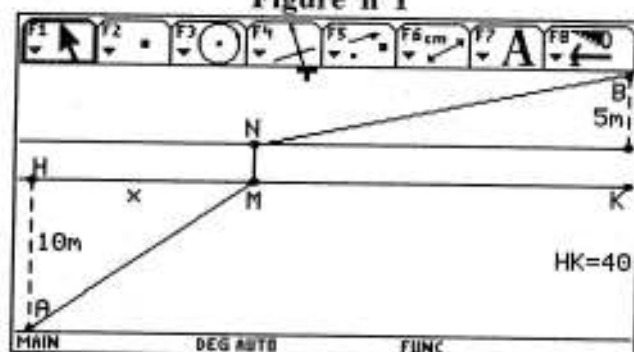
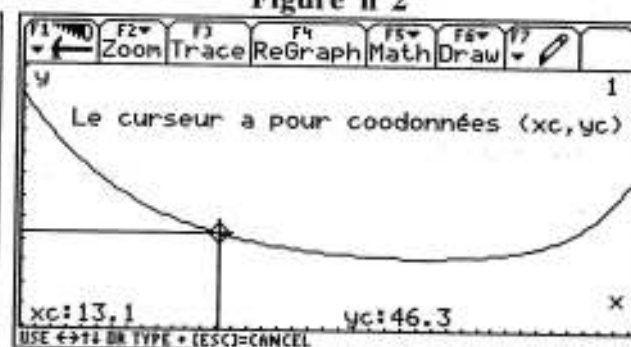


Figure n°2



Première partie

1) Utilisation de TRACE (voir la boîte à outils)

La commande **Trace** s'obtient en tapant [F3]. Sur la courbe apparaît un curseur clignotant dont les coordonnées, x_c et y_c , se trouvent au bas de l'écran.

Exemple : $x_c : 13,1$ $y_c : 46,3$; cela signifie que si M est placé à 13,1m de H alors le trajet a pour longueur approchée 46,3m. On note $\ell(13,1) = 46,3$ (voir figure n°2).

2) Utilisation de VALUE (voir la boîte à outils)

La commande **Value** s'obtient en tapant [F5] [I].

La machine attend un choix de x , par exemple taper 10 puis [ENTER], on lit alors: $x_c : 10$ $y_c : 47,1$. On note $\ell(10) = 47,1$.



TP 5 : FONCTIONS-APPROCHE GRAPHIQUE (2)

Deuxième partie

Dans cette partie choisir Display / Digits FIX 3 à l'aide de la touche **MODE**.

- 3) a) Quelle est la longueur du trajet si $x = 20$?
b) Où faut-il placer M pour que la longueur de trajet soit peu différente de 51m ? 46m ?

- 4) Utiliser **Value** pour remplir le tableau suivant :

x en m	14	16	18	20	22	24	26	28	30
$\ell(x)$ en m									

- 5) A l'aide de **Trace** déterminer un intervalle sur lequel le trajet est minimum.

Utiliser **Zoombox**, éventuellement plusieurs fois, pour déterminer graphiquement une valeur approchée à 10^{-2} près du nombre x qui fournit le trajet minimum ; quelle est alors la longueur de ce trajet ?

- 6) Reprendre la figure n°1 ci-dessus et exprimer algébriquement $\ell(x)$ en fonction de x si la largeur du ruisseau est 2,5m.

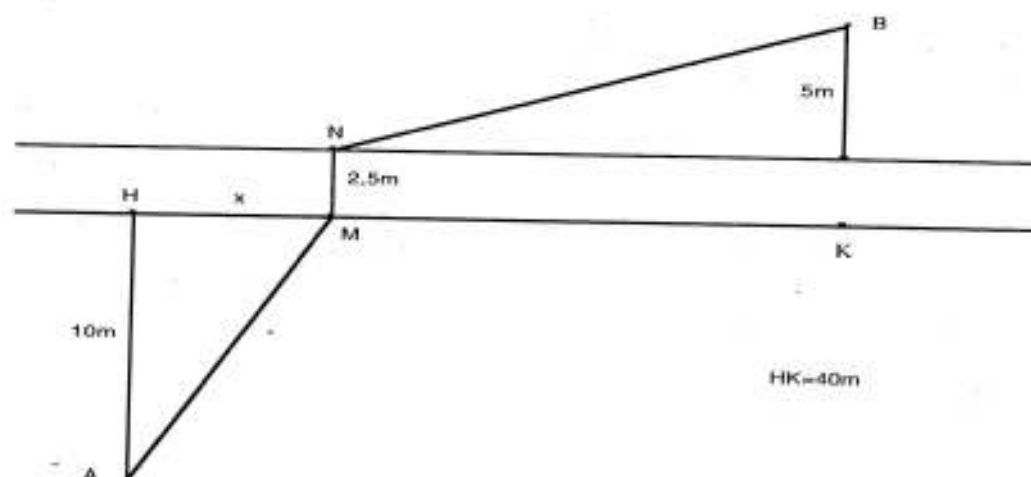


TP 5 : FONCTIONS-APPROCHE GEOMETRIQUE (1)

Application utilisée : l'application n°8 Geometry.

Préparation de la TI 92 : taper **APPS** puis **8**, puis charger la figure PONT. Après avoir chargé la figure, taper **♦** puis **F**, choisir FIX 2, taper **ENTER**

Les maisons d'Alain (A) et Bernard (B) sont séparées par un ruisseau de 2,5m de large. Ils désirent construire une passerelle ([MN]) perpendiculaire au ruisseau de façon que le trajet AMNB soit de longueur minimum (voir figure ci-dessous).



M est un point du segment [HK] ; on appelle x la longueur en mètres du segment [HM] et $\ell(x)$ la longueur en mètres du trajet AMNB, c'est-à-dire $\ell(x) = AM + MN + NB$.

1) ✎ Quelles sont les valeurs de x possibles ?

2) ☞ On se propose, avec la TI 92, d'étudier la longueur du trajet AMNB lorsque M varie sur le segment [HK]. En utilisant **Distance & length**, afficher les longueurs des segments [HM], [AM], [MN] et [NB] (voir boîte à outils).

☞ En utilisant **Calculate**, afficher les longueurs en mètres du segment [HM] et du trajet AMNB. Déplacer ensuite le point M et choisir au moins une douzaine de positions de M, convenablement réparties sur [HK] pour remplir le tableau suivant :

x en m													
$\ell(x)$ en m													



TP 5 : FONCTIONS-APPROCHE GEOMETRIQUE (2)

⌘ Dans quel intervalle doit-on choisir x pour placer la passerelle ?

3) ⌘ Sur du papier millimétré, placer dans un repère les points de coordonnées $(x, \ell(x))$. On choisira un repère orthogonal ; unité : 0,5cm sur l'axe des abscisses, 1cm sur l'axe des ordonnées.

4) a) ⌘ Construire le translaté B' de B par la translation de vecteur $\overrightarrow{NM}$. La droite (AB') coupe la droite (HK) en P' , on note P l'antécédent de P' par la translation de vecteur $\overrightarrow{NM}$.

b) ⌘ Démontrer que $AM+NB=AM+MB'$.

c) ⌘ En déduire que le trajet minimum a pour longueur $AP'+P'P+PB$. Calculer la longueur exacte de $[HP]$ ainsi que la longueur exacte de ce trajet.

5) ⌘ Calculer les distances AM et NB en fonction de x . En déduire la formule donnant $\ell(x)$ en fonction de x .

Objectifs liés au programme : introduire la notion de fonction en classe de seconde.

"Une fonction n'est ni un tableau de valeurs, ni une représentation graphique, ni une suite de touches de calculatrice, ni une formule, c'est tout cela à la fois" : texte de la Coprem (1987) cité par le groupe "lycée" de l'IREM de Clermont Ferrand dans Repères n° 10. Ce texte met l'accent sur les formes que peut revêtir une fonction dans la scolarité d'un élève. Il est clair que, suivant les matières (en physique et biologie, par exemple) et suivant les moments, telle forme prend plus d'importance que les autres. De plus les calculatrices graphiques donnent un statut privilégié aux représentations graphiques qui n'est pas sans danger.

La TI 92, de par sa conception, permet de faire coexister **simultanément** les cadres géométrique, graphique, algébrique et numérique. L'objectif de ce TP est d'introduire la notion de fonction en utilisant les performances de la TI 92 et en proposant aux élèves trois approches différentes :

- une approche algébrique,
- une approche graphique,
- une approche géométrique.

Il s'agit d'utiliser ces approches sans a priori en privilégier une en particulier, puis, en les confrontant, d'introduire un nouvel objet mathématique appelé fonction.

Un objectif secondaire, dans cette première séance sur les fonctions, est d'inciter les élèves, aussi rapidement que possible, à passer d'un cadre à l'autre grâce aux caractéristiques de la machine. Cette idée sera le fil rouge de la plupart des activités sur les fonctions qui seront étudiées par la suite.

Objectifs concernant la machine

L'activité proposée permet de découvrir un certain nombre de commandes de la machine, l'objectif principal étant que tous les élèves puissent, quelle que soit l'approche utilisée, construire la représentation graphique d'une fonction sur la machine.

Dans un premier temps, chaque approche fait appel à une application différente qui nécessite l'apprentissage de commandes spécifiques :

- l'approche algébrique : il s'agit essentiellement de la fonctionnalité **Define** qui permet de définir une fonction,

- approche graphique : la courbe étant donnée (voir déroulement de la séance), il s'agit essentiellement des fonctionnalités *Trace*, *Value*, *Zoom*, *Minimum*,
- approche géométrique : la figure étant donnée (voir déroulement de la séance), il s'agit de *Distance & length* et de *Calculate*.

Applications utilisées : les applications de géométrie, initiale et graphique.

Durée prévue : 3 heures

Disposition de la classe : demi-classe, les élèves se répartissant en groupes de 4 maximum

Connaissances nécessaires

Connaissances concernant la machine

- Approche algébrique : les fonctionnalités *Expand* et éventuellement *Factor* ; savoir obtenir une valeur approchée.
- Approche graphique : a priori aucune dans un premier temps (voir déroulement de la séance).
- Approche géométrique : savoir déplacer un objet, faire glisser une figure.

On constate que les connaissances concernant la machine sont en nombre réduit, cependant il est absolument indispensable que les élèves aient l'habitude de manipuler sans difficulté la TI 92 pour que l'activité se déroule dans de bonnes conditions.

Connaissances mathématiques

- Pour tous les groupes : calculer une distance avec le théorème de Pythagore et savoir placer des points dans un repère.
- Pour l'approche algébrique, savoir déterminer à quelle condition une racine carrée est définie.
- Pour l'approche géométrique, savoir construire l'image d'un point, l'antécédent d'un point par une translation et connaître les propriétés qui s'y rattachent. Savoir que le plus court chemin d'un point à un autre est la ligne droite.

Documents distribués aux élèves***Documents papier***

A chaque groupe est distribué un texte spécifique en fonction de l'approche choisie ainsi que deux feuilles comportant "les boîtes à outils" pour apprendre les commandes de la machine liées à l'activité. La première boîte à outils décrit les commandes en question présentées dans un tableau, la deuxième se présente sous la forme d'une série de copies d'écran.

Enfin une dernière fiche permettant à chaque élève de pouvoir construire une courbe sur la machine sera distribuée en fin de séance.

Documents machine

Afin de permettre un démarrage rapide de l'activité chaque élève dispose sur sa machine de la figure géométrique ainsi que d'une représentation graphique qu'il suffit d'appeler à l'aide d'un programme. Pour qu'il en soit ainsi, la figure ainsi que le programme ont été préalablement chargés sur chaque TI.

Principales phases de la séance

Le nombre réduit de fonctionnalités nouvelles pour aborder ce TP ne doit pas masquer la nécessité de savoir correctement manipuler la machine pour mener à son terme l'activité. L'approche géométrique, par exemple, demande une certaine dextérité que tous les élèves n'ont pas, l'application de géométrie leur étant, au moment de ce TP, la moins familière, c'est pourquoi elle sera réservée aux groupes les plus à même de la mener à bien.

L'approche graphique demande aussi des manipulations qui ne sont pas de même nature que les précédentes : il s'agit plus de découvrir certaines commandes graphiques que de manipuler des objets, elle pourra donc être effectuée même par des élèves en difficulté.

La première question de l'approche algébrique soulève un certain nombre de difficultés en raison de la présence de racines carrées, c'est pourquoi il convient de la réserver à des élèves capables de réagir devant des questions de ce type. Il est donc prévu que les élèves n'auront pas le choix des diverses approches proposées : celles-ci leur seront proposées en fonction des critères précédents. Le travail se fera essentiellement par groupes sans aucune mise en commun avant la synthèse finale, afin de montrer que le même problème a été étudié par chacun mais sous un angle différent.

Tâches à effectuer

Les tâches à effectuer diffèrent suivant les approches ; les seules qui restent communes mais qui n'interviennent pas au même moment, ni de la même façon, dans les trois approches sont la détermination d'une valeur du trajet minimum, la détermination algébrique du trajet, la construction de la courbe à la main.

L'objectif est de donner un sens à la notion de fonction qui est sous-jacente dans le problème et, parmi les propriétés de cette fonction, on ne s'intéresse qu'au minimum qui sert de moteur à la situation car il peut être aisément appréhendé dans les approches numérique et graphique. Dans l'approche géométrique, l'appréhension est moins immédiate, mais elle seule permet, en classe de seconde du moins, d'en obtenir une valeur exacte. Une des principales tâches sera donc de trouver ce minimum et la valeur de x correspondante.

Rôle de la machine

L'activité proposée peut être abordée sans machine comme bien d'autres activités servant à introduire les fonctions ; cependant quelle que soit l'approche proposée, la TI 92 est un outil extrêmement intéressant.

- Le cadre algébrique fournit des résultats immédiats sur les développements ou les factorisations nécessaires, ce qui évite à certains élèves d'être bloqués sur des questions non centrales ici ; ils peuvent ainsi poursuivre l'activité. Le calcul de $\ell(x)$ pour différentes valeurs de x n'est pas non plus pénalisant et par conséquent la construction de la courbe et les réflexions autour du minimum peuvent être amorcées rapidement.

- Dans le cadre graphique une courbe est d'emblée proposée et son exploitation par *Trace* et *Value* permet d'arriver rapidement à des conjectures. Des fonctions comme *ZoomBox* et *ZoomFit*, la possibilité de régler la précision des résultats, permettent d'affiner rapidement la recherche.
- Le cadre géométrique permet, grâce à la dynamique de CABRI 2, une approche plus expérimentale et remplace avantageusement toutes les constructions que l'on serait amené à faire sur papier avec de plus la possibilité d'émettre des conjectures géométriques sur le minimum cherché.

Comportement attendu

Bien que, pour chaque approche, les fonctionnalités nouvelles de la machine soient en petit nombre, il est probable que des difficultés naîtront de la manipulation de la machine devant laquelle tous les élèves de seconde n'ont pas le même comportement. A ces difficultés s'ajouteront celles qui concernent le sens, par rapport au problème posé, des commandes utilisées comme *Define*, *Trace* ou *Value*.

Enfin on peut penser que, dans le cadre algébrique, la présence de racines carrées risque d'être la source de nombreuses questions, de même que la recherche du minimum dans le cadre géométrique.

Interventions prévues

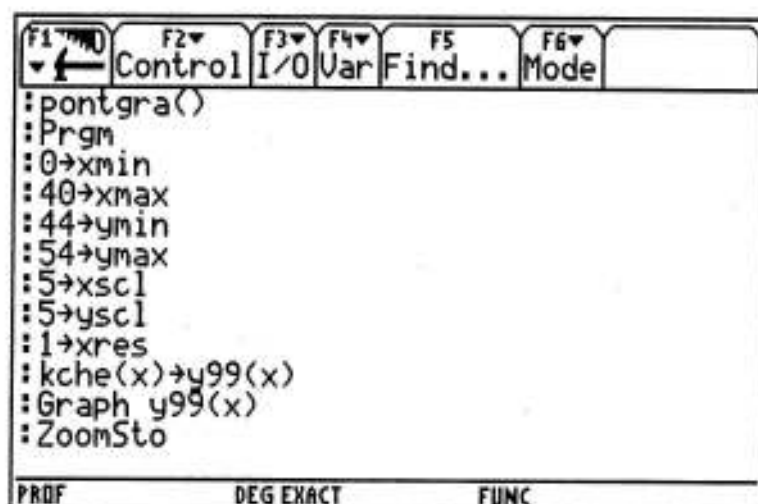
- Il est prévu des interventions dans chaque groupe et non devant toute la classe.
- L'approche géométrique nécessitera une aide concernant le calcul de minimum.
- L'approche algébrique nécessitera une aide concernant les racines carrées, des précisions sur *Define*, sa signification et son rôle.
- L'approche graphique réservée au plus grand nombre nécessitera une aide plus importante car elle fait appel à des commandes entièrement nouvelles pour les élèves.

Mots-clés - Fonction-clés - Touches-clés

Define Value Trace Calculate Minimum Fonction

Mise en place

- Approche algébrique : aucun fichier n'est nécessaire
- Approche géométrique : chargement d'une figure, "bloquée", nommée PONT
- Approche graphique : un programme nommé PONTGRA charge en mémoire la fenêtre choisie, place la fonction $l(x)$ en y99 dans [Y=], mémorise la fenêtre avec **Zoomsto**.



Remarques diverses

- Approche algébrique : nécessité d'avoir du papier millimétré pour la question 3,
- Dans tous les cas, prévoir la précision des résultats affichés : touche **MODE**, action sur **Float** et **Fix**,
- Dans [GRAPH], pour éviter les fausses manoeuvres avec **Zoom** ou **Trace** lorsque le curseur sort de la fenêtre, ce qui a pour effet de modifier **WINDOW**, commencer par sauvegarder la fenêtre initiale avec **ZoomSto** dans **F2** **B** **2** et la rappeler si nécessaire avec **ZoomRcl** en faisant **F2** **B** **3**.
- Dans le cas où des courbes sont construites sur papier millimétré, la question "comment relier les points" va se poser. On pourra inviter les élèves soit à calculer d'autres points, soit leur dire la façon de tracer.
- Préciser que la passerelle est construite entre H et K (approche algébrique)
- Choix de la fenêtre graphique : $x_{\min} = 0$, $x_{\max} = 40$ $x_{\text{sc1}} = 5$ $y_{\min} = 44$ $y_{\max} = 54$ $y_{\text{sc1}} = 1$ $x_{\text{res}} = 1$.

- Pour chaque approche, préciser l'application choisie dès le début.
- Les fonctionnalités *Value* et *Trace* permettent d'obtenir l'image de x , mais seul *Trace* permet d'obtenir un antécédent de y .
- Penser que $\boxed{2nd} \otimes$ permet un déplacement plus rapide sur la courbe en mode Trace.
- Quand la courbe est "plate", utiliser *Zoomfit*.

TP 5 : FONCTIONS (I)

Approche algébrique

	Application	Utilisation	Syntaxe
Define	Application initiale [F4] [1]	Permet de nommer et mémoriser une expression pour une utilisation ultérieure	Define <i>nom=expression</i>

Quelques exemples :

Define $g=9,81$	Define $f(x)=2x+1$	Define $h(x,y)=\sqrt{x^2+y^2}$
permet de définir la constante universelle de la pesanteur	permet de définir une fonction de x dont le nom est f	Donne l'hypoténuse d'un triangle rectangle de côtés x et y .
Essais g [ENTER] donne $\frac{981}{100}$ g [♦] [ENTER] donne 9,81	Essais f(x) [ENTER] donne $2x+1$ f(2) [ENTER] donne 5 f(y) [ENTER] donne $2y+1$	Essais h(3,4) [ENTER] donne 5 h(2,3) [ENTER] donne $\sqrt{13}$

Approche graphique

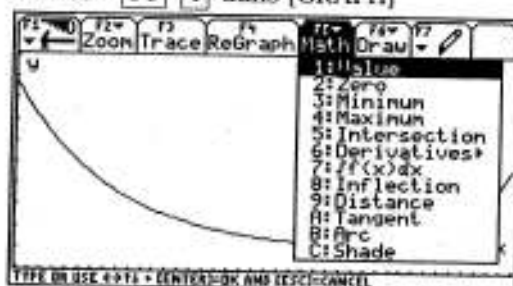
	Application	Utilisation	Pour l'obtenir
Trace	Application Graphique [♦] puis [GRAF]	Permet de déplacer le curseur sur une courbe. De plus les coordonnées (xc,yc) du curseur sont affichées. Pour déplacer le curseur utiliser la touche [◀] Pour un déplacement rapide utiliser [2nd] puis [◀].	[F3]
Value	Application Graphique [♦] puis [GRAPH]	Taper l'abscisse du point choisi puis [ENTER], on obtient l'ordonnée du point choisi.	[F5] [1]
ZoomBox	[♦] puis [GRAPH] ou [♦] puis [Y=] ou [♦] puis [WINDOW]	Affiche l'écran graphique et permet de définir une nouvelle zone rectangulaire de visualisation. Modifie automatiquement les paramètres de [WINDOW].	[F2] [1]
Minimum	Application Graphique [♦] puis [GRAPH]	Fournit le minimum d'une fonction sur un intervalle après avoir indiqué la borne inférieure et la borne supérieure de l'intervalle.	[F5] [3]

TP 5 : FONCTIONS (2)

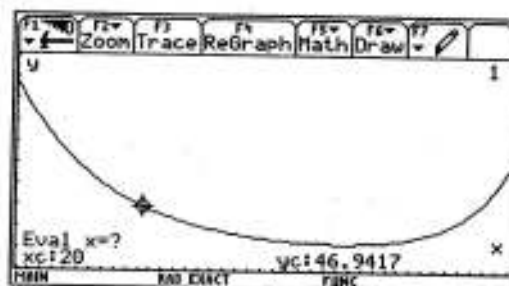
Approche géométrique

	Application	Utilisation	Pour l'obtenir
Distance & length	Application Geometry APPS 8	Fournit la longueur d'un segment ou la distance entre deux points. Désigner soit le segment, soit successivement les deux points. La longueur est affichée près du segment.	F6 1
Calculate	Application Geometry APPS 8	Ouvre une ligne de calcul pour faire des opérations à partir des nombres se trouvant sur la figure et qui sont sélectionnés avec $\odot$. Taper ENTER pour valider chaque nombre sélectionné. Pour rappeler un calcul, le sélectionner, puis taper 2nd puis ENTER.	F6 6

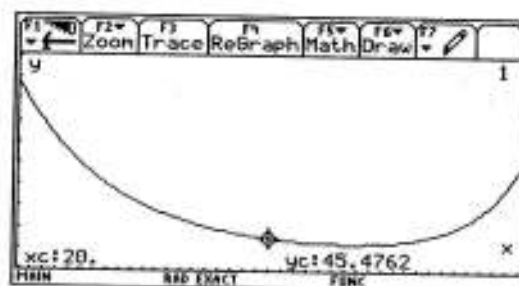
Value F5 1 dans [GRAPH]



Taper F5 1.



Choisir x (i.e. x_c) taper ENTER, ici $x = 20$.



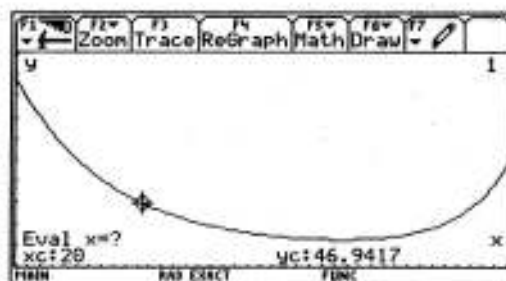
On obtient ici $f(20) = 45,4762$.

TP 5 : FONCTIONS (3)

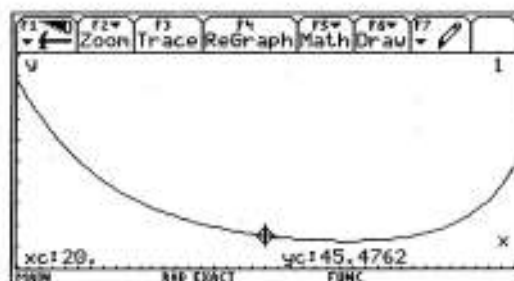
Value **F5** **1** dans [GRAPH]



Taper **F5** **1**.

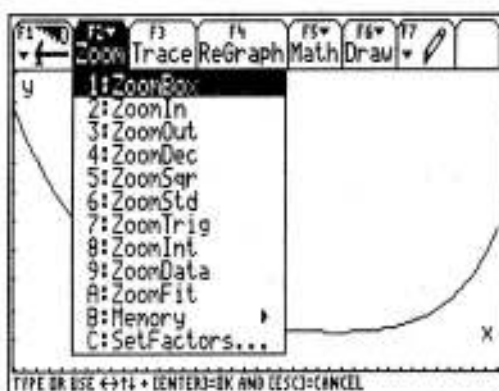


Choisir x (i.e. xc) taper **ENTER**, ici $x = 20$.

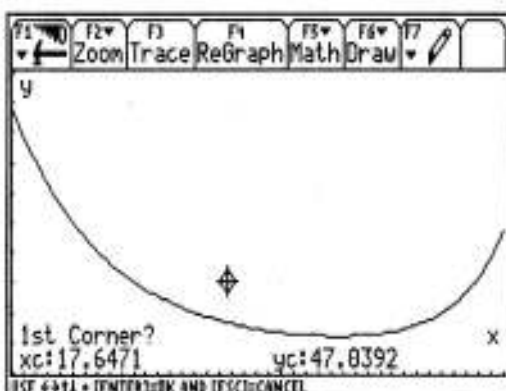


On obtient ici $f(20) = 45,4762$.

ZoomBox **F2** **1** dans [GRAPH], [Y=] et [WINDOW]

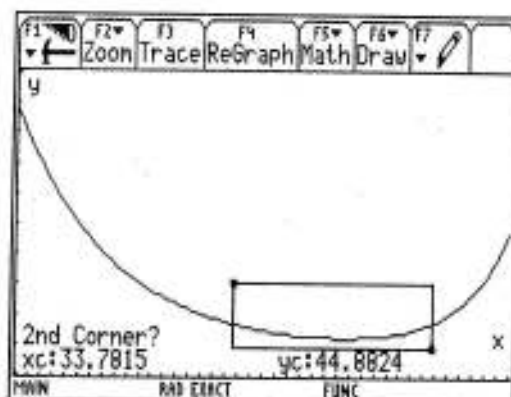


Taper **F2** **1**.

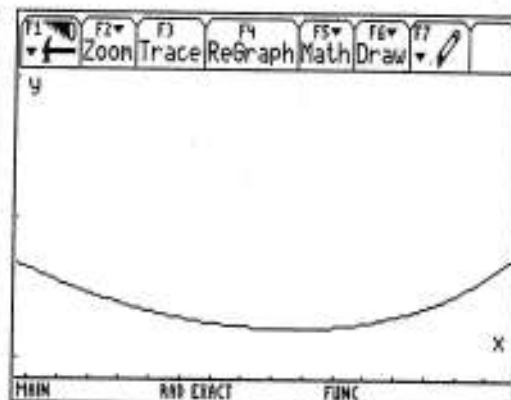


Choisir le 1^{er} sommet de la fenêtre avec , taper **ENTER**.
Corner : coin, ici sommet.

TP 5 : FONCTIONS (4)



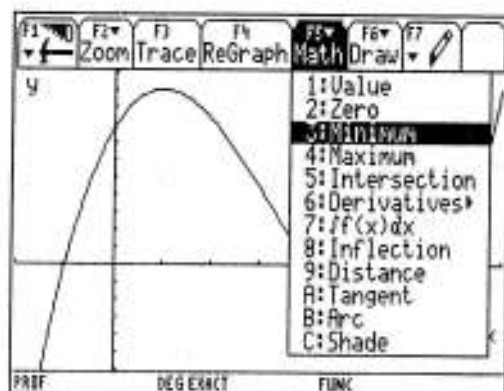
Déplacer le curseur avec $\blacktriangleleft$, choisir le 2^{ème} sommet, taper **ENTER**.



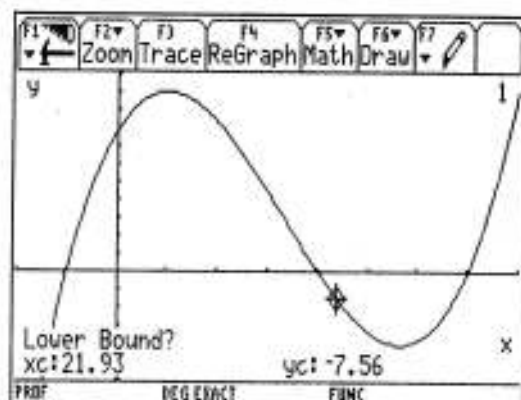
La courbe est tracée dans la fenêtre choisie.

Zoom modifie [WINDOW], s'en assurer en tapant $\blacktriangleleft$ puis [WINDOW]. Pour revenir à la fenêtre précédente taper **F2** **B** **1**, pour revenir à la fenêtre initiale (après plusieurs Zooms, par exemple) taper **F2** **B** **3**.

Minimum **F5** **3** dans [GRAPH]

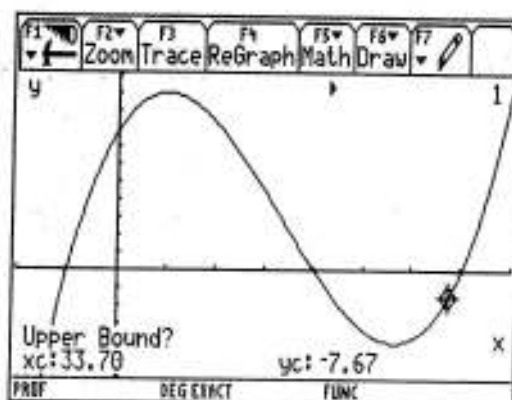


Taper **F5** **3**.

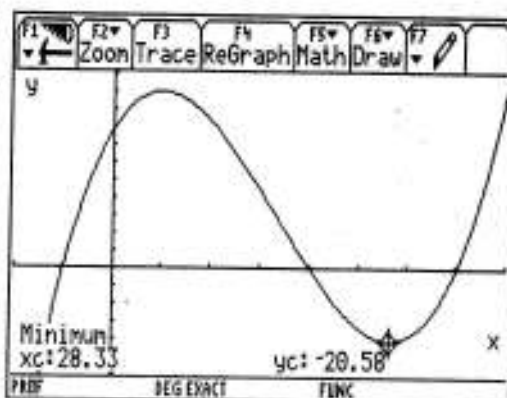


Déplacer le curseur pour choisir la borne inférieure, taper **ENTER**.

TP 5 : FONCTIONS (5)

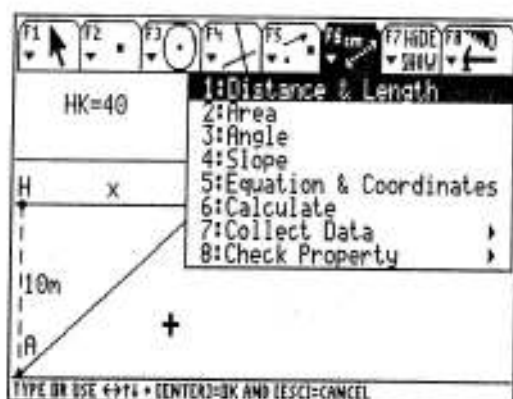


Déplacer le curseur pour choisir la borne supérieure, taper **ENTER**.

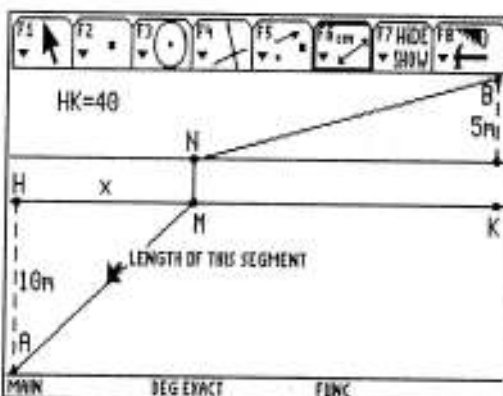


Le minimum est atteint en $x \approx 28,33$ il est environ de $-20,58$ sur l'intervalle choisi !!

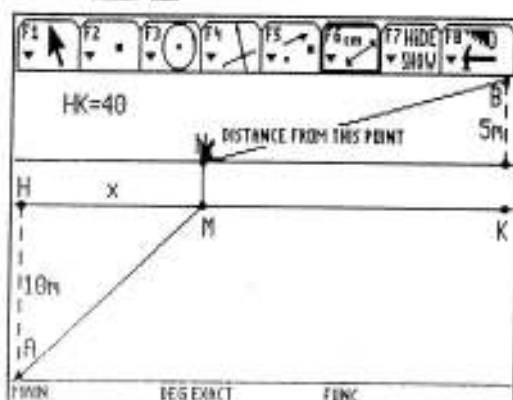
Distance & Length **F6** **1** dans Geometry



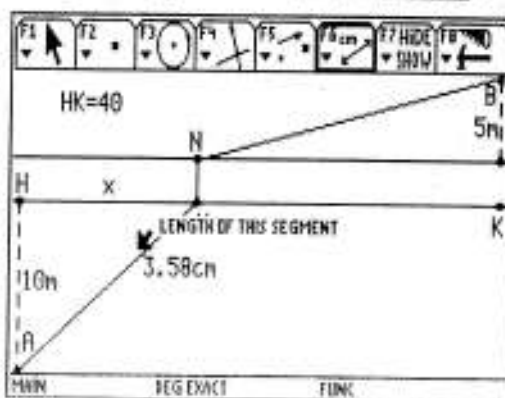
Taper **F6** **1**.



Désigner le segment voulu, taper **ENTER**.

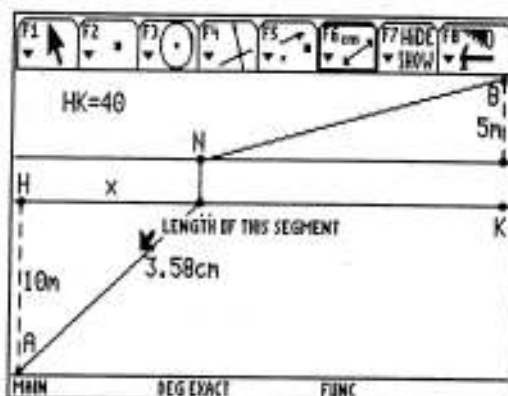
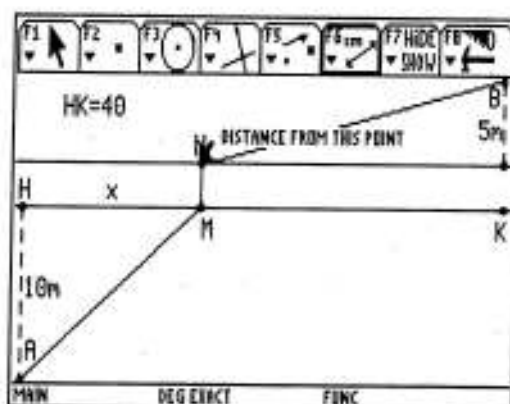


On bien désigner une extrémité taper **ENTER**, puis l'autre, taper **ENTER**.



La longueur s'affiche près du segment.

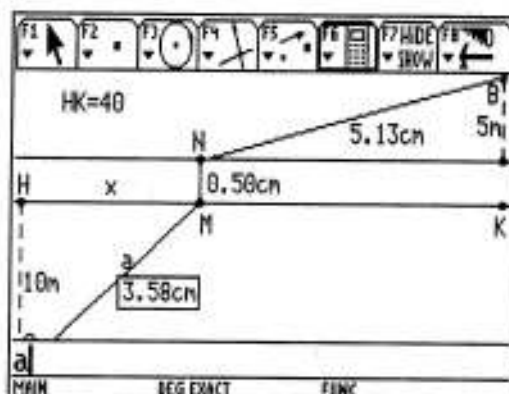
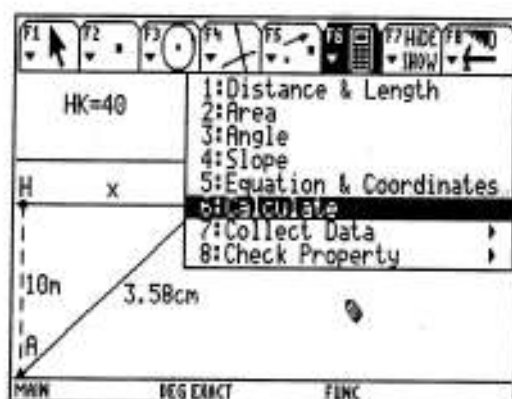
TP 5 : FONCTIONS (6)



Ou bien désigner une extrémité taper La longueur s'affiche près du segment.

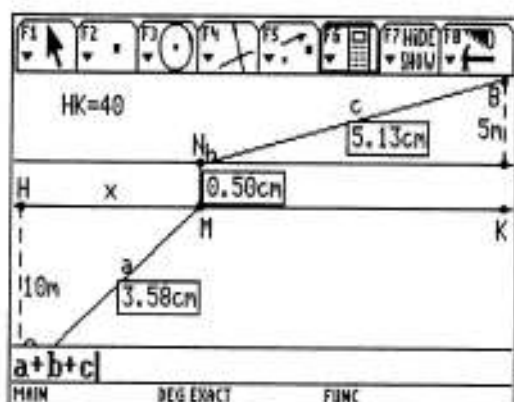
ENTER, puis l'autre, taper **ENTER**.

Calculate **F6** **1** dans Geometry

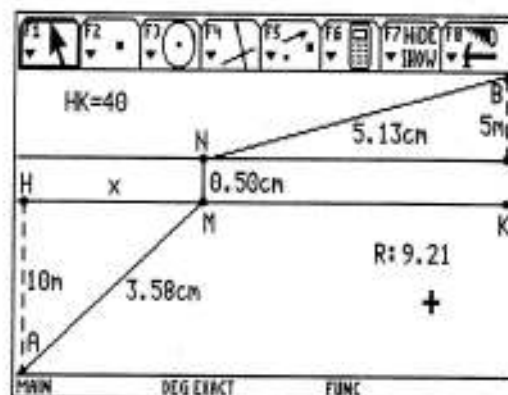


Taper **F6** **6** pour ouvrir la ligne de calcul.

Choisir la 1^{ère} longueur avec **▲** taper **ENTER**.



Taper +, choisir la 2^{ème}, taper **ENTER** puis +,
choisir la 3^{ème}, taper **ENTER** puis **ENTER**.



$a = AM$, $b = MN$, $c = NB$.

$R = a+b+c = 9,21\text{cm}$.



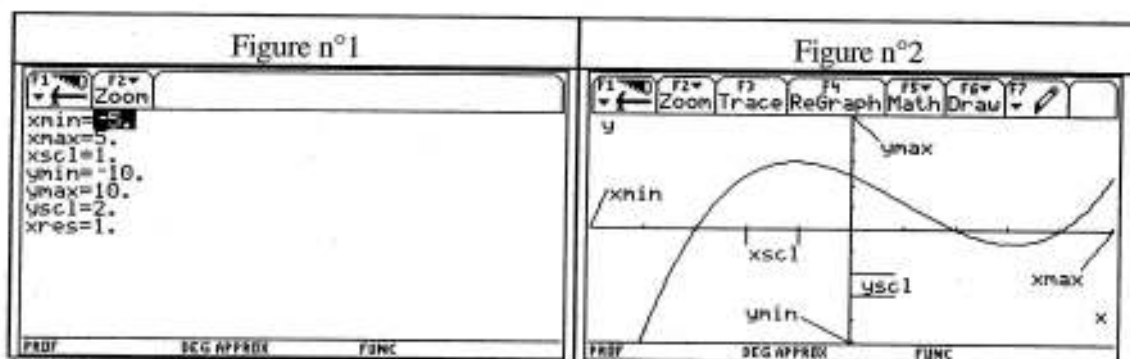
Remarques :

- Le résultat R est souvent mal placé, le déplacer avec la main $\rightarrow$, exactement comme un objet géométrique.
- C'est la machine qui nomme les nombres a, b, c, etc., et le résultat R. Le choix des longueurs à afficher se fait avec $\odot$ et $\ominus$.

1^{ère} étape : définition de la fenêtre d'affichage

On utilise l'application [WINDOW]

• Taper  puis [WINDOW], on obtient la figure n°1 ci-dessous. xmin, xmax, ymin, ymax, xscl, yscl et xres définissent la fenêtre de tracé comme l'indique la figure n°2.



- Dans l'exemple ci-dessus, x varie dans l'intervalle $[-5,5]$ et y dans $[-10,10]$.
- xscl et yscl représentent l'écart entre les graduations sur les axes.
- xres représente la précision du tracé, il varie de 1 à 10, plus il est grand moins le tracé est précis.

• en général, le repère n'est pas orthonormal, pour qu'il le soit, taper   (ZoomSqr) dans [GRAPH] ou [Y=] ou [WINDOW].

2^{ème} étape : définition de la fonction

On utilise l'application [Y=].

- Taper  puis [Y=]. On obtient une liste $y1 =$, $y2 =$, $y3 =$, ... dans laquelle on peut naviguer avec .
- Sur la ligne de commande on trouve $y_i(x) =$, i représentant le numéro de la fonction.
- Se déplacer avec  pour choisir un numéro, taper [ENTER], et taper la fonction sur la ligne de commande.

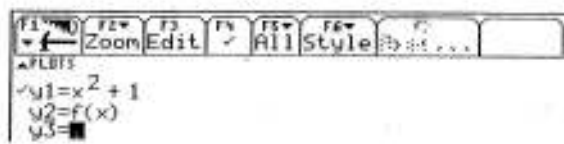
Exemple n°1 : on désire construire la courbe d'équation $y = x^2 + 1$.

Il suffit de taper $y1(x) = x^2 + 1$ (pour le tracé lui-même, voir 3^{ème} étape).

Exemple n°2 : une fonction f a été définie dans l'application initiale à l'aide de **Define** sous la forme **Define** $f(x) = (2x - 1) + (x - 2)$ **ENTER**.

$$\text{(ici, } f(x) = \frac{2x-1}{x-2} \text{)}$$

- Il suffit de taper $y2(x) = f(x)$ dans [Y=], il n'est pas nécessaire de retaper l'expression.
- La présence du symbole à gauche de y_i (voir ci-dessous) indique que y_i est sélectionnée pour être tracée ; pour supprimer cette sélection, se placer sur y_i et taper **[F4]**. On peut ainsi mémoriser plusieurs fonctions et choisir de ne construire que certaines courbes.



Ici $y1$ est sélectionnée, pas $y2$.

Pour sélectionner $y1$, se placer sur $y1$ avec , puis taper **[F4]**.

Pour désélectionner $y1$, se placer sur $y1$ avec , puis taper **[F4]**.

Idem pour $y2$, $y3$, etc.

3^{ème} étape : tracé de la courbe

On utilise l'application [GRAPH].

Les deux premières étapes ayant été réalisées il suffit de taper puis [GRAPH] pour que le tracé se fasse automatiquement.



L'objectif de ce TP est l'introduction des fonctions. Il intervient assez tard dans l'année en raison de l'arrivée tardive des machines. Il propose trois approches :

- une approche algébrique,
- une approche graphique,
- une approche géométrique.

L'enseignant distribue aux élèves les machines où il a chargé les programmes des différentes approches nécessaires au TP. Il leur fait ensuite *configurer* les machines, il s'assure qu'elles sont en mode exact et réel. Il leur fait ensuite écrire sur le cahier les consignes :

- coller la feuille du TP,
- écrire une page sur 2 (une feuille réservée au brouillon)
- prévoir un *rapporteur* dans chaque groupe pour la mise en commun,
- décrire dans le cahier toutes les fonctionnalités nouvelles rencontrées.

Deux groupes traitent l'approche graphique, un groupe, l'approche géométrique et un, l'approche algébrique.

Approche algébrique

Les élèves du groupe observé seront nommées F1, F2, et F3 et l'enseignant Ens. Les trois filles lisent les documents distribués (approche algébrique et fiche utilitaire fonctions). Elles tapent l'expression $\ell(x)$ après avoir utilisé *Define*. Elles notent dans leur cahier la signification de *Done* que l'enseignant leur explique.

Elles développent ensuite $(40 - x)^2 + 25$ (elles savent utiliser *Expand*) en remarquant qu'elles ne voient pas le rapport avec la question précédente. Mais l'élève F1 reconnaît immédiatement la dernière partie de l'expression $\ell(x)$.

Elles sont très perplexes devant la question : pourquoi peut-on calculer $\ell(x)$ pour toute valeur de x ? L'enseignant intervient :

Ens : Peut-on *toujours* calculer $\ell(x)$? (Il fait remarquer qu'il y a des racines carrées), peut-on toujours calculer une racine carrée ?



F1 : *Oui*

Ens : Regardez avec la machine, peut-on toujours calculer la racine d'une expression comportant des x ? (*Pas de réaction...*). En troisième, qu'avez-vous appris ?

F3 : *On ne peut calculer la racine d'un nombre négatif.*

Elles essaient sur la machine $\sqrt{-2}$ et obtiennent le résultat *non real result* (puisque l'on est dans la configuration *real*). L'enseignant, après avoir rappelé et fait écrire la signification de radical et radicande, leur confirme que cela signifie que la machine en mode "real" ne peut calculer la racine carrée quand le *radicande* est négatif. Les autres filles regardent ce qu'écrit l'élève F1, personne ne comprend le rapport entre la question et l'intervention de l'enseignant.

Ens : A-t-on le droit de remplacer x par n'importe quel nombre ? peut-on toujours calculer la racine carrée ?

F1 : (*qui essaie de calculer à la main*) : *Peut-on simplifier ?*

Ens : Essaie sur un exemple.

L'élève F1 essaie sur la machine $\sqrt{100+x^2} = \sqrt{100} + x$, pas de réponse. Elle essaie à la main pour $x = 2$, cela marche (erreurs de calcul).

Ens : Essayez de vous rappeler cet exemple :

$$\sqrt{16+9} = \sqrt{25} = 5 \text{ et } \sqrt{16} + \sqrt{9} = 4 + 3 = 7$$

Donc, on a trouvé une valeur où $\sqrt{a+b} \neq \sqrt{a} + \sqrt{b}$. Il rappelle que dans une séance précédente, on a déjà trouvé un exemple où :

$$\sqrt{x^2 - y^2} \neq \sqrt{x^2} - \sqrt{y^2} \text{ donc } \sqrt{100+x^2} \neq \sqrt{100} + x$$

Ens : On ne demande pas de calculer, mais pourquoi peut-on calculer ? On doit s'assurer que le radicande est positif. Essayez sur votre brouillon.

F1 : *Ça ne marche pas.*

Ens : Essayez sur votre brouillon. Cela marche car le radicande est une somme de deux nombres positifs, donc c'est positif.



TP 5 : COMMENTAIRES (3)

Les trois élèves notent dans leur cahier. L'observateur intervient pour rappeler que dans le texte figure l'expression en *déduire*. Cette fois, l'élève F1 comprend :

F1 : *Ah, oui! c'est $(40 - x)^2 + 25$!*

Elle essaie sans succès d'expliquer à l'élève F3. L'observateur intervient pour leur faire constater que cela permet de remarquer que c'est la somme de deux nombres positifs. Elles rédigent à sa demande dans le cahier.

Elles passent à la question 2 avec soulagement. La consigne à 10^{-2} près n'est pas comprise. Elles se demandent s'il faut arrondir ou non. L'enseignant intervient en expliquant que, si le mode est Fix 2, c'est fait par la machine, sinon il faut le faire. L'élève F1 n'a pas les mêmes résultats que ses compagnes. Elle n'a pas vérifié l'expression $l(x)$ tapée. Elle recommence. Les autres abordent la question 4.

F2 : *Pour l'ordonnée, on doit commencer à 45.*

Suit une discussion animée concernant l'échelle. (0, 5 cm pour 1m). Après de sérieuses difficultés, elles placent les points.

L'élève F1 aborde la question B. Elle écrit sur son brouillon :

$$\text{Pythagore : } AM = \sqrt{100+x^2} = \sqrt{100} + x$$

Et pourtant, une heure vient d'être consacrée à les convaincre que cette formule est fausse... ce calcul intermédiaire n'apparaît pas à la rédaction finale.

Une première conclusion :

Ce groupe a pratiquement passé une heure sur la première question. Les échanges triangulaires entre le professeur, l'observatrice et les élèves montrent à quel point cette question est difficile, bien que la notion de radicaire ait été rencontrée à plusieurs reprises avant ce TP. On constate qu'ici la TI 92 n'est d'aucun secours. Les difficultés liées à cette question ont été largement sous-estimées par le groupe IREM.



Cependant la suite montrera que ce temps apparemment perdu sera mis à profit lors du contrôle spécifique où l'on demandait d'étudier l'existence de $\sqrt{x-20}$. En effet, cette question fut réussie par une grande majorité de la classe.

Approche graphique

Les élèves du groupe observé seront nommés G1, G2, G3 et G4. Dans ce groupe il s'agit de lancer un programme qui construit la courbe représentative de la fonction ℓ en fonction de x . Une élève tape [GRAPH] au lieu de [HOME] pour pouvoir lancer le programme. Après cette mauvaise lecture du texte les élèves obtiennent une courbe qui ressemble à celle de la figure n° 2 (voir le texte du TP).

Utilisation de *Trace* :

Il semble que le sens des objets x_c et y_c (coordonnées du point de la courbe où se trouve le curseur) se dilue dans l'ensemble des informations figurant dans le texte. En particulier, l'exemple proposé est lu rapidement alors que plus d'attention aurait été nécessaire.

Utilisation de *Value* :

G1 lit trop vite et se perd en manipulations sur la TI 92.

G3 lui dit de recommencer en faisant plus attention. Cette fois ça marche.

Pour la deuxième partie du TP les élèves prennent le cahier, sans toutefois utiliser la page réservée au brouillon (voir consignes) et rédigent avec soin les réponses aux questions 3-a et 3-b, mais n'indiquent pas les outils utilisés (à savoir *Trace* ou *Value*).

"Où placer M pour que la longueur soit voisine de 51m?"

Ens : On ne demande pas de calculer, mais pourquoi peut-on calculer ? On doit s'assurer que le radicande est positif. Essayez sur votre brouillon.

G1 : *Prend Trace : ça ne marche pas !*

G3 : *Prends Value.*

G1 : *Mais pourquoi on ne peut pas avec Trace puisque je lui mets 51 ?*



Il y a ici une confusion entre x et $\ell(x)$, aussi le professeur intervient et conseille de revoir la figure n°1 : M situé à 46m de H est impossible. L'élève G1 fait remarquer que rien n'indique dans l'énoncé que M est situé entre M et K. Une relecture de l'énoncé débloque la situation mais :

G2 : *Qu'est-ce que le trajet ?*

G1 : *Le trajet c'est yé, c'est marqué.*

G2 : *Non, le trajet c'est $AM + MN + NB$.*

On en vient à mettre le 3-a en question. Finalement, le groupe s'accorde à confirmer la réponse au 3-a.

Une difficulté que l'on retrouvera lors d'autres séances et qui est liée à la TI 92 a surgi dans ce groupe. En effet lorsque, en mode **Trace**, on utilise trop longtemps les touches $\odot$ et $\ominus$, la courbe est décalée vers la gauche ou la droite. Ce fut le cas pour deux élèves qui cherchaient x tel que $\ell(x) \approx 51$, en se déplaçant à droite sur la courbe. Le professeur est intervenu pour introduire **Zoomrel** (une instruction du programme stockait en mémoire la fenêtre initiale) qui permet de revenir au premier graphique et a rappelé, à cette occasion, que x varie entre 0 et 40 à cause de la place de M sur [HK].

Pour $\ell(x) = 46$:

Les élèves G1 et G3 trouvent $x \approx 15,...$

L'élève G4 trouve $x = 35,...$ Après discussion, on s'accorde à accepter les deux.

G3 : *On les marque toutes les deux ?...*

G1 : *Tu crois ?...*

A la question 5, de nombreuses interrogations surviennent :

G3 : *Qu'est-ce que c'est un intervalle ?*

G1 : *Pourquoi avec Trace ?*

Il est clair que l'implicite "un intervalle de valeurs" sur lequel la longueur du trajet est minimum n'est pas "implicite" pour ces élèves. L'utilisation de **Zoombox** est assez vite comprise mais très vite la courbe devient "plate". Le professeur intervient et propose l'utilisation de **Zoomfit**.... Enfin les termes "valeur approchée à 10^{-2} près du nombre x qui fournit le trajet "minimum" sont mal perçus. La séance se termine à la fin de la 5^{ème} question.

**Approche géométrique**

C'est le meilleur groupe de la classe qui a eu à traiter l'approche géométrique. Il s'agit de quatre garçons qui manipulent très bien la TI 92. Ce groupe n'a pas eu de difficultés particulières ; les commandes *Calculate* et *Distance & Length* n'ont pas posé de problèmes.

La seule vraie question qui s'est posée a été de conduire jusqu'au bout la démonstration papier / crayon de la position de M pour laquelle le trajet est minimum.



Comme il avait été prévu dans les consignes, un rapporteur était chargé, dans chaque groupe, de faire le compte rendu du travail effectué. En fait, par manque de pratique et bien que le professeur ait aidé chaque rapporteur à rédiger son travail, les diverses synthèses se sont vite révélées très difficiles à conduire. Le travail sur le calcul du trajet par le théorème de Pythagore qui concernait tous les groupes s'est bien déroulé.

Toute l'étude de l'approche algébrique où, comme on a pu le constater, la TI 92 n'a eu que peu d'importance, a conduit la classe à prendre (ou à reprendre) conscience de la notion de radicaire positif, a été profitable pour la classe et a constitué une sorte de référence pour la suite de l'année scolaire.

La synthèse concernant l'approche graphique a été difficile à conduire puisqu'elle consistait à présenter à toute la classe une application et des fonctionnalités nouvelles au détriment du contenu mathématique. Il en a été de même pour l'approche géométrique.

Conclusion

En raison de contraintes de temps, un certain nombre d'options ont été prises qui se sont révélées malheureuses par la suite. En effet l'approche de la notion de fonction à l'aide de cadres multiples nécessite que les élèves maîtrisent différentes applications de la TI 92. Or ce n'était pas possible au bout de deux mois seulement. Il avait donc été décidé de n'introduire qu'un très petit nombre de fonctionnalités nouvelles dans chaque approche (deux, trois maximum). Mais ce ne fut pas suffisant. C'est surtout l'approche graphique qui n'a pas fonctionné tant le nombre de variables à gérer, en raison de la présence de la machine, était grand.

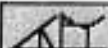
L'un des membres du groupe IREM avait déjà utilisé cette situation, en environnement papier / crayon, dans une classe de seconde lors d'une année scolaire précédente. Son expérience nous a aidé à construire ce TP pour la TI 92 et a, évidemment, influencé nos choix. Ainsi, nous pouvons constater qu'une situation, parfaitement maîtrisée dans un cours classique, peut être difficile à mener, voire inadaptée, lorsqu'on utilise un outil comme la TI 92.



Il semble risqué de vouloir adapter des situations qui ont été conçues pour un environnement papier / crayon à un environnement calculatrice ; il est préférable, au contraire, de construire des situations tenant compte des programmes, des élèves, bien sûr, mais aussi des contraintes et des performances liées à la machine. Ces situations doivent, bien évidemment, être expérimentées. Dans le cas présent, il a donc été nécessaire de reformuler, lors des synthèses, un certain nombre de questions, aussi bien mathématiques que concernant la TI 92, ayant suscité des difficultés lors du déroulement de la séance.

Si l'on veut que de telles situations fonctionnent, il semble préférable de dissocier, dans la mesure du possible, les apprentissages concernant la machine et les apprentissages mathématiques, tout au moins dans un premier temps. En seconde, c'est tout à fait possible en introduisant l'application graphique dès le début de l'année, lors de l'étude des équations réduites de droites (vues en troisième) ; tout un travail sur abscisse et ordonnée, sur le fenêtrage, sur les fonctionnalités **Trace** et **Value**, peut être effectué. Parallèlement, des activités sur l'application de géométrie peuvent être menées. Dans ce cas un texte beaucoup plus court où les élèves ne seraient pas submergés d'informations pourrait être conçu. La seule instruction importante serait la fonctionnalité **Défine**. L'accent pourrait alors être mis sur le concept de fonction.

Enfin, la situation proposée semble rétrospectivement trop complexe pour une classe dont le niveau en mathématiques est relativement faible. En particulier, la figure ne fournit pas de solution évidente dans le cadre géométrique. Là aussi, on peut concevoir des situations où la figure est plus "parlante". Malgré toutes ces imperfections, ce TP a constitué un moment fort dans la classe et a permis de construire une situation de référence à laquelle il a souvent été fait appel par la suite.



TP 6: COMPARAISONS DE $x \mapsto x$, $x \mapsto x^2$ et $x \mapsto \sqrt{x}$

Applications utilisées : Les applications [Y=], [GRAPH] et [WINDOW]

Préparation de la TI-92 : Avant de passer à [Y=], [WINDOW] puis à [GRAPH], utiliser la touche **MODE** pour se placer en mode EXACT, NORMAL / FIX 2.

On désire comparer les nombres x , x^2 et $\sqrt{x}$ suivant les valeurs de x , x réel positif ou nul, c'est à dire : $x \in [0, +\infty[$.



Cet énoncé a été distribué aux élèves pour un travail préalable à la maison.

Première partie : Etude géométrique

$(O, \vec{i}, \vec{j})$ est un repère orthonormal du plan.

I et J sont les points tels que $\vec{OI} = \vec{i}$ et $\vec{OJ} = \vec{j}$.

A est le point de coordonnées (1,1) dans ce repère ; H est un point de la droite (OI) différent de I, on appelle x son **abscisse**. La droite (AH) coupe la droite (OJ) en K, on note $f(x)$ l'**ordonnée** de K.

⚡ Construire la figure.

1. a) ⚡ Calculer $f(x)$ lorsque $x = 2$; $x = -1$; $x = 0,5$; $x = 0$. Justifier les réponses.
b) ⚡ Peut-on déterminer $f(x)$ pour tout nombre réel x ?

On traitera cette partie sans la TI 92 est inutile, les figures seront faites sur papier ; une figure pour chaque cas est indispensable.



Applications utilisées :

L'application GEOMETRY, l'application initiale, [Y=], [WINDOW] et [GRAPH]

Première partie : Etude géométrique (suite)

1. Voir énoncé donné à la maison. (page précédente).

2. ☞ Dans l'application GEOMETRY, charger la figure dont le nom est LIMITE.

a) ☞/ ✎ Déplacer le point H, qui se trouve sur la droite (OI), en l'éloignant de I "vers la droite" ; comment évolue la position du point K par rapport au point J ?

✎ Numériquement, que devient $f(x)$ quand x est un réel positif qui augmente indéfiniment ?

b) ☞/ ✎ On éloigne maintenant H de I "vers la gauche" ; comment évolue la position du point K par rapport au point J ?

✎ Que dire de $f(x)$ quand x est un réel négatif qui diminue indéfiniment ?

c) ☞/ ✎ On rapproche H de I ; comment évolue la position du point K sur la droite (OJ) ?

✎ Que dire de $f(x)$ quand x est un réel proche de 1 ?

3. ☞ Construire le point M de coordonnées $(x, f(x))$.

a) ☞ Déplacer le point H sur la droite (OI), observer les positions du point M.

Le point M semble décrire une courbe.

b) ☞ En utilisant la commande **Locus** du menu **F4** de l'application GEOMETRY, construire le lieu de M quand H décrit la droite (OI) ; on voit apparaître la courbe (C) d'équation $y = f(x)$.

☞/ ✎ Comme dans les questions précédentes (2 a-b-c), déplacer le point H et observer les positions de M sur la courbe (C) ; de quelles droites la courbe (C) se rapproche-t-elle :

- pour des valeurs de x "éloignées de 0",
- pour des valeurs de x "proches de 1" ?

Noter les observations.

**Deuxième partie : Etude algébrique**

On rappelle que x désigne l'abscisse de H, $f(x)$ l'ordonnée de K et le couple $(x, f(x))$ les coordonnées de M.

1 $\approx$ Calculer $f(x)$ en fonction de x .

2 Passer dans l'application initiale.

a) $\approx$ Compléter les tableaux suivants :

x	10	10^2	10^3	10^5	10^{10}
$f(x)$					

x	-10	-10^2	-10^3	-10^5	-10^{10}
$f(x)$					

$\approx$ Noter les observations que ces tableaux vous permettent de faire.

b) $\approx$ On se demande s'il est possible d'avoir K aussi proche de J qu'on le souhaite, c'est-à-dire $f(x)$ aussi proche de 1 que l'on veut. Par exemple, on aimerait que la distance JK soit inférieure à 0,01. Pour cela on se demande où doit-on placer H sur (OI).

Expliquer que cela revient à trouver les réels x qui vérifient $|f(x) - 1| < 10^{-2}$. En déduire l'ensemble des points H pour lesquels $JK < 10^{-2}$.

c) $\approx$ Comment choisir H tel que $|f(x) - 1| < 10^{-5}$?

Objectifs : Etude d'une fonction aux bornes de l'intervalle de définition.

L'étude des limites n'est pas au programme de la classe de seconde, cependant il arrive que les élèves soient confrontés aux symboles $+\infty$ et $-\infty$ (dans les manuels par exemple). Il est difficilement envisageable de parler, par exemple, de la fonction inverse sans évoquer ce qui se passe au voisinage de 0 et de l'infini. De plus, la lecture de graphiques nécessite un certain nombre de conventions qui ne sont en général pas explicitées dans les manuels, en particulier la présence implicite d'asymptotes semble aller de soi pour certains auteurs.

La présence, dès la seconde, de calculatrices graphiques où la courbe apparaît dans une fenêtre risque de conforter des interprétations erronées, en particulier aux bornes des intervalles de définition. Enfin, la notion d'ensemble de définition n'est pas non plus au programme de seconde en tant que telle, cependant dans une démarche de résolution de problèmes, en particulier ceux qui sont issus de la géométrie, on est nécessairement amené à l'évoquer, ne serait-ce que pour s'assurer de la validité et de la cohérence des résultats.

- L'objectif principal est donc de donner un sens à ce qui se passe aux bornes (ici au voisinage de l'infini puis au voisinage de 1).
- Un autre objectif important est d'examiner si la TI 92 facilite des transferts entre les cadres géométriques, algébriques et graphiques pour renforcer des connaissances.
- Un objectif secondaire consiste à donner du sens à la notion d'ensemble de définition, dans un premier temps par des arguments géométriques, puis par des arguments algébriques afin d'assurer un lien entre les deux.

Applications utilisées : Les applications de géométrie, initiale et graphique.

Durée prévue : 2 heures

Disposition de la classe : demi-classe ; les élèves se répartissant en groupes de 4 maximum.

Connaissances nécessaires :

Connaissances concernant la machine

- Dans l'application de géométrie : savoir charger une figure, déplacer un objet, faire glisser une figure.

- Dans l'application initiale : savoir définir une fonction, calculer des valeurs en mode exact ou approché.
- Dans l'application graphique : savoir construire une courbe (le choix de la fenêtre sera fait par le professeur afin d'éviter les problèmes au voisinage de 1).

Connaissances mathématiques

- Le calcul de $f(x)$ peut être effectué avec le théorème de Thalès, les équations de droites, la colinéarité.
- Notion de valeur absolue sous la forme de distance entre deux réels, interprétation géométrique sur un axe.
- Comparaison de nombres, passage aux inverses.

Principales phases de la séance

L'énoncé initial a été donné une semaine avant afin que les élèves se familiarisent avec la figure et le problème. A cette occasion, des calculs de $f(x)$ pour des valeurs particulières de x ont été demandés. Ce travail, destiné à introduire la situation ne nécessite pas la machine.

Les différentes phases envisagées sont les suivantes :

- correction, par un élève, du travail donné à la maison.
- présentation du problème et de ses objectifs, travail en groupes jusqu'à la question 2) b).
- présentation des variations de H autour de I .
- travail par groupes : constructions et découverte des positions possibles de M quand H varie.
- présentation de la fonctionnalité **Locus** qui permet de construire le lieu d'un point.
- travail par groupes : deuxième partie.

Documents distribués aux élèves

- Un énoncé distribué une semaine avant.
- Énoncé de la fin de la première partie et celui de la seconde partie.
- Sur la TI 92 la figure initiale sans le point M .

Tâches à effectuer*Avec la machine*

- Dans la première partie, il s'agit avant tout d'explorer la figure lorsque H s'éloigne de O et lorsque M est proche de I, puis de noter ces observations, enfin d'apprendre à construire un lieu.
- Dans la seconde partie, l'utilisation de la commande *Define* déjà rencontrée à plusieurs reprises est réactivée.

Travail papier-crayon

- Dans la première partie, à part le travail donné à la maison, il s'agit avant tout de formuler aussi précisément que possible les observations.
- Dans la seconde partie, il s'agit de formaliser algébriquement le problème.

Rôle de la machine

- L'application de géométrie permet d'avoir simultanément à l'écran : la figure, l'affichage de x et $f(x)$ et la courbe représentative de la fonction.
- La machine va donc permettre des allers et retours entre les divers cadres afin d'aborder la formalisation algébrique avec suffisamment de conjectures pour assurer la cohérence du résultat final.
- De plus, l'application initiale permet de faire les divers calculs de la seconde partie sans que cela ne soit un obstacle pour la suite de l'activité.

Comportement attendu

Au cours du TP 5 ainsi que dans un devoir à la maison, les élèves ont déjà rencontré le type d'approche proposée qui consiste à utiliser la dynamique de CABRI pour déplacer un point et en étudier les effets. La seule fonctionnalité nouvelle est *Locus* (lieu). Dans le contexte choisi, peu de difficultés sont à craindre. D'une façon générale, compte tenu de ce qui a été fait avant, les problèmes de manipulation de la TI 92 ne devraient pas être nombreux. De plus le travail en groupe devrait permettre de les régler rapidement.

Concernant les observations de la première partie, va de nouveau se poser la question du retour écrit sur lequel il va falloir insister. De plus on peut se demander quel sens les élèves vont donner à

des expressions comme "H est proche de I" ou "x est proche de 1". Si, dans le premier cas, la figure constitue un excellent support, il n'en est pas de même dans le second, car la proximité de H et I ne se traduit pas forcément par x proche de 1 (en effet tout dépend des unités choisies dans le repère).

La deuxième partie, essentiellement algébrique, dépend en fait du travail à la maison effectué par les élèves. Suivant la méthode adoptée, le calcul peut se révéler simple ou artificiellement complexe :

- La méthode des équations de droites, pertinente sur les cas particuliers, se révèle délicate dans le cas général à cause de la multiplicité des inconnues et des variables.
- Le théorème de Thalès n'étant connu des élèves que dans sa forme utilisant des distances, son utilisation fait apparaître des valeurs absolues.
- La colinéarité reste la méthode à la fois la plus efficace et la plus rapide.

Vu la nouveauté de la démarche et la présence simultanée à l'écran des trois cadres en fin d'activité, il est difficile de prévoir quels types de procédures seront mises en oeuvre. On peut cependant raisonnablement penser que les résultats et les méthodes utilisés dans le TP 5 et le devoir à la maison, où les cadres géométrique et numérique étaient déjà présents, seront réinvestis.

Interventions prévues

- Après la correction du travail à la maison, il faudra choisir la méthode qui sera utilisée pour traiter la deuxième partie en éliminant, si possible, le théorème de Thalès.
- Il s'agira avant tout d'inciter, encore une fois, les élèves à consigner leurs observations sur leur cahier surtout dans la première partie de la question 2 où il n'y a pas de calculs à faire. Cette partie consiste à donner du sens à "H est proche de I" ou à "H est loin de O", en liaison, bien sûr, avec la figure.
- Intervention sur *Locus*, fonctionnalité nouvelle.
- Intervention sur les différentes façons de déplacer une figure dans l'application Geometry avec *Showpage* ou la main de glissement.
- La figure chargée sur les machines est telle que lorsqu'on la rappelle avec *Open* l'écran reste vide d'où la nécessité de connaître les commandes évoquées ci-dessus.

Mots-clés - Fonctions-clés - Touches-clés

Locus, Showpage, Define

- Préciser le plus rapidement possible quel est l'objectif de la séance, par exemple après la correction du travail à la maison.
- "Il s'agit d'étudier une fonction définie à partir d'une situation géométrique et plus particulièrement il s'agit d'étudier cette fonction pour des valeurs de la variable x proches de 1, puis pour des valeurs de x éloignées de 0. Il s'agit de comprendre le lien entre la figure, les résultats algébriques et la courbe ainsi que la façon dont certains aspects géométriques peuvent être traduits algébriquement ou graphiquement".
- Lors du chargement de la figure l'écran est vide : utiliser **ShowPage** pour la ramener dans une position satisfaisante.
- Le tracé du lieu est rarement satisfaisant, quel que soit le nombre de points choisis, l'affiner avec . Ne pas choisir le mode déconnecté en raison de la présence d'asymptote.
- La manipulation, lorsque le lieu est tracé, est très lente.
- Prévoir quatre figures à la disposition des élèves :
 - la figure initiale appelée LIMITE
 - une figure avec un lieu correctement tracé appelée LIMITEL
 - une figure mettant en valeur l'asymptote horizontale appelée LIMITEY
 - une figure mettant en valeur l'asymptote verticale appelée LIMITEX
- Faire parler les élèves sur le sens qu'ils accordent à des expressions comme " x s'éloigne de 0", " x est proche de 1, etc."

Plan de travail :

Première heure

Faire passer trois élèves au tableau pour que chacun expose la méthode choisie :

- Thalès
- Equation de droite
- Colinéarité

Faire le point sur les 3 méthodes. Noter les résultats obtenus : $f(2) = 2$; $f(-1) = 0,5$; $f(0,5) = -1$; $f(0) = 0$.

On ne peut pas calculer $f(1)$, faire donner et noter la justification.

"Peut-on déterminer $f(x)$ pour tout nombre x ?" : noter que l'on ne demande pas de calculer $f(x)$!!!!

Régler **FIX** à 2 lors du chargement de la figure LIMITE utiliser *Showpage*.

Fin de la première partie : 2-a-b travail en groupes, 2-c intervention pour donner un sens à H proche de 1 et x proche de 1, insister sur le déplacement autour de 1. Modifier éventuellement OI (agrandissement).

3-b intervention sur *Locus*.

Deuxième heure

Deuxième partie : Le but, dans un premier temps est d'exprimer algébriquement $f(x)$ en fonction de x . Faire l'inventaire de ce que l'on sait sur $f(x)$: $f(2)=2$; $f(-1)=0,5$; $f(0,5)=-1$; $f(0)=0$ et on ne peut pas calculer $f(1)$. Rappeler que dans le TP5 et le devoir à la maison, on a commencé par étudier des positions particulières de H que l'on a retrouvées par la suite.

$f(x)$ se rapproche de 1 : 1 est-il pour autant un minimum ou un maximum de f ? Pourquoi (choisir $\mathbb{R}+$ ou $\mathbb{R}-$) ?

Fenêtres pour construire la courbe dans [GRAPH] : $x_{\min}=-10$, $x_{\max}=13,8$, $y_{\min}=-5$; $y_{\max}=5$ ou $x_{\min}=-5$, $x_{\max}=6,9$, $y_{\min}=-10$; $y_{\max}=10$, autour de "+ ∞ " : $x_{\min}=-10000$, $x_{\max}=11190$, $y_{\min}=-1$; $y_{\max}=2$, faire *ZoomFit* (**changer FIX**).

Prolongement

Construction de la courbe sur papier millimétré.

On a vu que lorsque x prend de grandes valeurs, $f(x)$ est proche de 1. Pour x strictement plus grand que 1 on considère la fonction g qui à x associe l'aire du triangle HOK. Etudier $g(x)$ pour des grandes valeurs de x . $g(x)$ se comporte-t-elle de la même façon que $f(x)$ pour des grandes valeurs de x ?



Le TP 7 a fait l'objet d'observations lors d'une séance très particulière. En effet cette séance devait initialement se dérouler en présence de trois inspecteurs pédagogiques régionaux. Pour des raisons sur lesquelles il n'y a pas lieu d'insister, ce sont 10 personnes qui ont assisté à ce TP : trois inspecteurs pédagogiques régionaux, cinq professeurs de mathématiques du lycée René Gosse, le Proviseur du lycée et un jeune professeur stagiaire.

On conviendra que dans ces conditions toute tentative d'observation est vaine. C'est donc beaucoup plus sur les articulations entre les différents moments de ce TP ainsi que sur le comportement général des élèves que nous insisterons ici.

La première partie, qui est géométrique, se déroule en deux temps :

- à la maison : il s'agit d'étudier les positions particulières du point H sur la droite (OI), afin d'obtenir des valeurs de $f(x)$ dans des cas particuliers, ainsi que de mettre au point la méthode de calcul de $f(x)$ qui sera utilisée pour le cas général,
- en classe : il s'agit de faire une synthèse du travail ci-dessus, de dégager la "meilleure méthode" pour la seconde partie; d'utiliser la TI 92 pour émettre des conjectures sur le comportement de $f(x)$ lorsque x varie.

Lors de cette séance, trois élèves sont passés au tableau, chacun d'eux exposant une méthode différente :

- le premier utilisant la colinéarité,
- le second, les équations de droites,
- la troisième, le théorème de Thalès.

Après discussion, c'est la première méthode qui a été retenue pour le calcul de $f(x)$. Malgré une assistance nombreuse qui aurait dû les impressionner, les élèves interrogés ont parfaitement joué le jeu en corrigeant méthodiquement les questions posées. On peut y voir une certaine connivence avec leur professeur ainsi qu'une marque évidente d'amour propre.

La correction s'est terminée par une synthèse détaillée des résultats en vue d'une utilisation ultérieure. Peu avant la fin de la première heure les élèves ont commencé à manipuler la TI 92 pour étudier le déplacement du point H.



La deuxième heure ne s'est pas déroulée dans le climat attendu, en raison de la nombreuse assistance (cf. page précédente).

Pendant ce temps les élèves, imperturbables, ont poursuivi leur travail sans réelle difficulté. La fin de la première partie ne contient aucun calcul ; elle ne fait appel qu'à l'observation, c'est sans doute pourquoi elle a été bien réussie par la majorité des élèves, quel que soit leur niveau en mathématiques, comme le montrent les comptes rendus sur les cahiers.

Le seul problème qui est apparu concerne *Locus* (lieu d'un point). En effet lorsqu'on trace le lieu d'un point, il est indispensable de le densifier et l'affichage devient très lent. Il en résulte des difficultés pour manipuler les objets qui ont gêné les élèves et qui font perdre beaucoup d'intérêt à la commande *Locus*.

La deuxième partie du TP a eu lieu avec la classe entière. L'accent a été mis sur l'insuffisance de l'application géométrique pour manipuler les grands nombres et sur la nécessité de changer de cadre pour revenir au cadre algébrique. La fin du TP a été relativement difficile à mener en raison de la présence d'inégalités comportant des valeurs absolues.

Conclusion

Il n'est pas possible de tirer de réels enseignements de ce TP. Cependant, nous avons pu apprécier le comportement volontaire de l'ensemble de la classe. La présence d'invités y est certainement pour quelque chose, mais elle n'explique pas tout. Les élèves, bien qu'ayant beaucoup manipulé n'ont eu qu'une nouvelle commande à apprendre (plusieurs la connaissaient déjà), n'ont pas été gênés par la machine et, ainsi, ont pu se consacrer aux questions posées. On peut aussi apprécier l'amélioration des retours écrits qui ont été plus fournis que les précédents ; il s'agit là d'une évolution appréciable par rapport aux premiers TP où les comptes rendus étaient bien modestes, voire inexistantes.

TROISIÈME PARTIE
SIGNE D'UNE EXPRESSION

TROISIÈME PARTIE

SIGNE D'UNE EXPRESSION

L'étude du signe d'une expression du type $ax+b$ ainsi que des expressions qui s'en déduisent est au programme de seconde. Une des difficultés de ce chapitre est certainement de donner du sens à la notion étudiée. En effet, très souvent, les élèves ne retiennent que la présence d'un "tableau de signes" et bien souvent, à la question : "comment étudie-t-on le signe de cette expression ?", la réponse fuse : "on fait un tableau de signes". Les confusions qui en résultent sont nombreuses : oubli des factorisations quand elles sont nécessaires, fabrication hasardeuse du tableau, absence de raisonnement sur les cas simples où la conclusion est immédiate (x^2+3 par exemple).

En fait tout se passe comme si le seul but était ce fameux tableau. L'analyse de l'expression donnée, le sens même de la question, les possibilités éventuelles d'anticipation et d'interprétation disparaissent rapidement devant une tâche que les élèves considèrent comme technique. On constate cela, essentiellement en seconde, et plus tard dans les classes non scientifiques. Il est alors bien difficile de modifier les comportements des élèves qui, d'une certaine façon, s'accrochent à la recette qui a si bien marché l'année précédente.

De plus, il faut bien reconnaître que l'interprétation du signe dans les divers cadres, en particulier le cadre graphique, n'est pas effective soit parce que les élèves ne possèdent pas tous les outils nécessaires, soit parce que les constructions sont coûteuses en temps. Bien sûr, les difficultés sont accrues lorsqu'il faut étudier une racine carrée, des valeurs absolues, résoudre une inéquation ou encore s'assurer de la cohérence entre une étude algébrique et une représentation graphique.

Lors de l'expérimentation de la TI 92 en classe de seconde, le groupe "Intégration des Outils Informatiques" de l'IREM de Montpellier, qui a élaboré les diverses activités présentées dans ce document, a décidé de construire à propos du signe d'une expression, un cours se situant en environnement TI 92.

L'hypothèse suivante a donc été formulée : *la TI 92, grâce à ses fonctionnalités, permet des représentations rapides, nombreuses et variées du signe d'une expression. Cette diversité devrait permettre aux élèves de mieux comprendre cette notion, d'en réaliser une meilleure appropriation.*

Première approche

La première idée du groupe a été d'étudier la fonction **Sign** de la TI 92. Cette fonction retourne 1 si l'expression concernée est strictement positive, -1 si elle strictement négative et le message **Sign(0)** si elle est nulle. En fait, cette fonction est intéressante pour le calcul numérique mais très limitée dès que l'on passe au calcul formel comme le montre l'écran ci-dessous.

F1	F2	F3	F4	F5	F6
Algebra	Calc	Other	PrgmIO	Clear	a-z...
■ sign($\pi - 2 \cdot \sqrt{3}$)					-1
■ sign($x^2 + 1$)					1
■ sign($2 \cdot x - 1$) $x \geq 1/2$				sign($2 \cdot x - 1$)	
■ sign($2 \cdot x - 1$) $x > .5$				sign($2 \cdot x - 1$)	
■ sign($x - 1/2$) $x > .5$					1
■ sign($1/2 - x$) $x > .5$				sign($-x + 1/2$)	
sign($1/2 - x$) $x > .5$					
MAIN	RAD EXACT	FUNC 6/99			

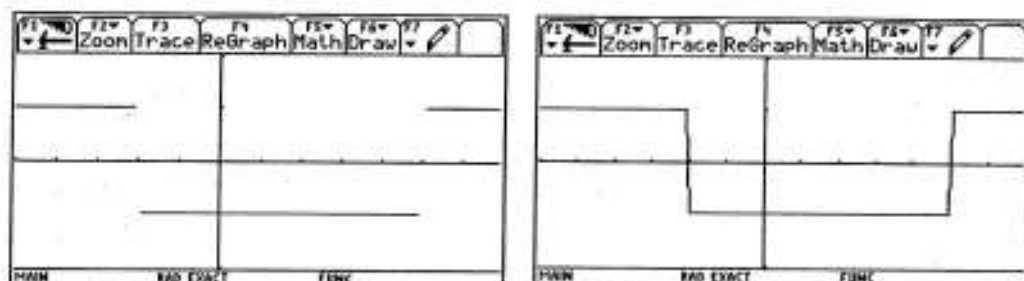
Ainsi la machine ne sait pas évaluer **Sign** $(2x - 1) | x \geq \frac{1}{2}$, mais peut évaluer **Sign** $(x - \frac{1}{2}) | x \geq \frac{1}{2}$ ¹. Il semblerait que cette fonction agisse sur les exemples numériques qui peuvent être évalués et sur certains exemples formels mais, pour ce qui concerne les polynômes, elle n'admet que ceux de la forme $x + b$. Il est donc pratiquement impossible d'utiliser la fonction **Sign** pour contrôler les solutions d'une inéquation par exemple.

Les limites de cette fonction nous ont conduits à programmer une nouvelle fonction qui donne le signe des polynômes de degré inférieur ou égal à 3, afin de fournir aux élèves un outil de vérification et de contrôle de leurs résultats. C'est ainsi qu'une nouvelle fonction appelée **Signe** a été créée mais, en définitive, n'a pas été mise à la disposition des élèves (on verra plus loin pour quelles raisons).

¹ Il est possible que la fonction **Sign** évolue sur les nouvelles machines et que certains traitements diffèrent d'une machine à une autre. Le symbole "I" signifie "sachant que".

Deuxième approche

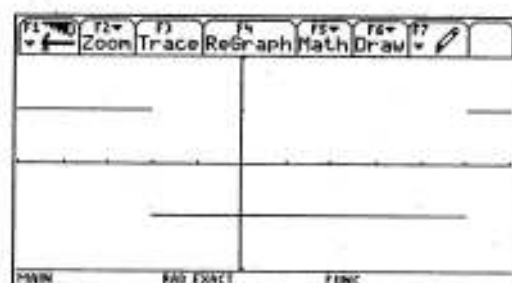
Avant d'aborder les approches définitivement retenues, on peut signaler, en prolongement de ce qui précède, la possibilité, étant donnée une fonction f , de représenter graphiquement la fonction $x \mapsto \text{sign}(f(x))$ comme le montrent les deux écrans ci-dessous :



Sur chacun de ces écrans, on a représenté la fonction $x \mapsto \text{sign}((x+2)(x-5))$, sur l'intervalle $[-5; 6, 9]$, puis sur $[-5; 6]$. Dans le premier cas, le pas est de $(6,9+5)/238=0,05$ ¹, donc les points d'abscisses -2 et 5 sont calculés, la machine répond $\text{sign}(0)$, les pixels de l'écran correspondants à ces deux abscisses ne sont pas allumés ce qui entraîne une discontinuité dans la représentation graphique.

Dans le second cas, le pas, de $11/238$, n'est pas décimal ; les images de -2 et 5 ne sont pas définies pour la machine qui donne $\text{sign}(0)$. La tabulation de $[-5, 6]$, avec ce pas, ne rencontre ni -2 , ni -5 , si bien qu'en mode *line* (par opposition à *dot*-pointillés), le raccordement de deux pixels consécutifs fait apparaître les deux contremarches

On pourrait obtenir un tracé plus satisfaisant en traçant la courbe en "pointillés" (*dot* **F6** **2** dans **[Y=]**). Pour l'intervalle $[-5, 6]$, on obtient alors l'écran suivant.



¹ 238 est la mesure en pixels de la longueur de l'écran.

La première méthode présente néanmoins un avantage : en mode *Trace*, les points d'abscisses -2 et -5 sont atteints, on observe que pour ces valeurs, yc n'est pas défini.

Il semble possible d'utiliser cette représentation du signe dès la seconde. La courbe en forme de signal constituerait une façon originale d'illustrer la notion de signe. Cependant cette approche nécessite de la part des élèves une bonne maîtrise de l'affichage graphique, ce qui n'était pas le cas au moment où ce thème fut abordé.

Approche retenue

Nous avons vu que l'approche décrite ci-dessus nécessite la réécriture d'une fonction signe dont la difficulté de programmation n'est pas très grande. Cependant, cette nouvelle fonction a été finalement rejetée du fait des possibilités limitées qu'elle apporte en tant qu'outil de contrôle. De plus, elle ne constituait pas un outil de représentation suffisamment pertinent.

La deuxième approche, assez tentante au niveau de la représentation du signe, a aussi été rejetée car la présence de segments verticaux quasiment inévitables dans la majorité des cas, lorsque le mode de tracé par défaut est *line*, aurait pu semer le trouble chez les élèves, les éloignant ainsi du problème à traiter. Cependant, on peut penser qu'une meilleure maîtrise de l'affichage graphique par les élèves devrait permettre de l'utiliser.

En définitive, l'approche choisie a été de travailler simultanément dans les cadres algébrique et graphique. A priori une telle démarche pourrait être suivie avec n'importe quelle calculatrice graphique, mais avec une différence de taille cependant : la possibilité de factoriser les expressions étudiées afin de mettre en valeur le rôle des divers facteurs, ce qui n'est pas possible avec une calculatrice classique. Dans la plupart des manuels, on sépare assez nettement l'étude du signe de $ax+b$ de la représentation graphique de la fonction affine $x \mapsto ax+b$. De plus, dans une classe, il est coûteux en temps de faire construire les diverses droites et encore plus les courbes correspondant aux produits de facteurs étudiés.

Avec la machine, au contraire, on peut faire coexister de façon systématique le calcul algébrique et les représentations graphiques. Ici seul le signe a été abordé mais, de nombreuses activités peuvent être envisagées sur ce principe [Gasquet 94]. L'atout essentiel de la machine réside dans la rapidité avec laquelle on peut passer d'un cadre à l'autre. En reprenant des idées développées dans l'ouvrage cité ci-dessus, nous allons pouvoir proposer rapidement aux élèves un certain nombre de problèmes sans être obligé d'attendre que les chapitres portant sur le signe d'une expression, les équations de droites et les fonctions soient intégralement traités. Ces problèmes, proposés au fur et à

mesure de la leçon, seront là pour montrer la nécessité de connaître le signe d'une expression. Enfin les tableaux de signes auront leur place en fin de cours et ne constitueront qu'un moyen pratique de conclure un exercice ; ils feront eux-mêmes l'objet d'une double interprétation algébrique et graphique.

Déroulement de la leçon

La leçon sur le signe n'a pas fait l'objet d'observation par le groupe de recherche, elle s'est déroulée assez tard dans l'année car il avait été décidé d'attendre les TI 92 pour l'aborder. A ce moment de l'année, les élèves disposaient du chapitre sur les fonctions, des équations de droites et un certain nombre d'exercices sur des inéquations simples avaient été traités. La leçon a été introduite en séance de travaux dirigés où a été posée la question suivante :

"Que peut-on dire du signe de $x - 2$?"

Dans les deux groupes la discussion a été vive, les uns voulant remplacer x par des valeurs, les autres étudiant $x - 2$ pour $x \geq 0$, etc. A la fin de l'heure, l'idée que le signe de $x - 2$ dépend de x et le rôle de 2 ont été dégagés. Une première mise en forme algébrique a été faite. Pour la séance suivante un certain nombre d'expressions étaient à étudier ainsi que les représentations graphiques associées. La suite de la leçon s'est déroulée en classe entière suivant le plan ci-après où l'on trouvera les diverses questions abordées, ainsi que les commentaires formulés après coup.

Conclusion

Il est difficile de tirer des conclusions de séances qui n'ont pas fait l'objet d'observations. Cependant l'attitude active des élèves durant ce chapitre, le questionnaire final (cf. quatrième partie § C) ainsi que les derniers entretiens (cf. cinquième partie § B) montrent que, parmi les activités pour lesquelles la TI 92 avait constitué une aide pour comprendre une notion, le signe d'une expression a une place privilégiée¹. De plus, cette constatation est confirmée par la bonne réussite à l'exercice 3 du contrôle spécifique (cf. sixième partie).

Il semblerait que ce soit un chapitre où les changements de cadres se réalisent assez facilement chez les élèves, les amenant ainsi à se forger une représentation du signe opérationnelle : ces observations s'appuient sur un certain nombre de situations proposées comme l'étude de $x \mapsto \sqrt{(2x - 1)(4 - x)}$. La rapidité du retour (feedback) graphique est fondamentale ; l'élève n'est

¹ En raison des contraintes de temps, seule une leçon a été conçue sur le signe (et pas d'activités spécifiques) ; ce qui a pu être constaté en est d'autant plus étonnant !

pas handicapé par des constructions parfois délicates et peut se consacrer totalement au problème posé.

L'idée de lier le plus possible les cadres graphique et algébrique pour étudier le signe d'une expression n'est certes pas nouvelle. La TI 92 rend simplement ce lien plus efficace et plus rapidement opérationnel. Dès lors que les élèves disposent des équations réduites de droites, en début de seconde donc, on peut utiliser les deux cadres. C'est donc bien dans la façon d'introduire les connaissances que la machine joue pleinement son rôle.

En italique, on trouvera quelques commentaires formulés a posteriori.

1 SIGNE DE $ax + b$

Dans l'application initiale on dispose de la fonction **Sign** (signe) qui se trouve dans le menu [MATH] **1** **8**, cette fonction retourne 1 si l'expression est positive, -1 sinon. A l'aide de cette fonction, on peut étudier le signe d'une expression simple et voir que cette fonctionnalité ne permet pas de répondre à toutes les questions.

La fonction Sign de la TI 92 avait déjà été rencontrée lors d'une activité précédente, il a semblé utile de la présenter à nouveau pour montrer ses limites.

Applications utilisées : alternativement [Y=] [GRAPH] et [WINDOW]

Préparation de la TI 92 : se placer dans l'application initiale.

Première partie : la fonction **Sign** de l'application initiale

Exemple : taper **Sign**(x^2+1), **Sign**($x^2-80x+1625$), **Sign**($-2x^2-3$), **Sign**($\sqrt{2}-\pi$)
Interpréter les résultats.

Taper **Sign**($2-x$) puis **ENTER**, quelle est la réponse de la machine ? Interpréter cette réponse.

Conséquence : quelles commandes faut-il taper pour que **Sign**($2-x$) retourne 1 ou -1 ?¹

Les élèves ont fini par s'habituer à ce que la machine retourne le calcul tapé sans rien évaluer. Les questionnaires montrent que cela a constitué une source de gêne pour eux.

Deuxième partie : construction de la droite d'équation $y = 2-x$

Utiliser [Y=] et [GRAPH] pour construire la droite d'équation $y = 2-x$

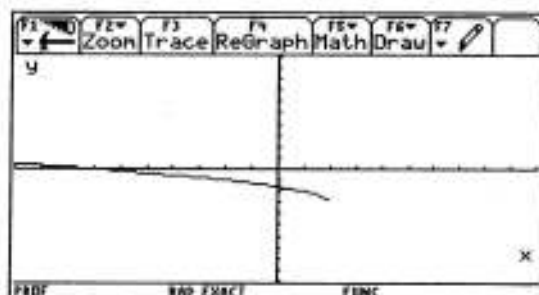
¹ Normalement les élèves connaissent le symbole "I" (barre verticale, "sachant que") qui permet d'évaluer une expression en imposant une condition.

Comment, à l'aide de **Trace**, retrouve-t-on les résultats précédents ? Interpréter ces résultats sur le graphique.

Rapidement on demande aux élèves de changer de cadre, ici du cadre graphique au cadre algébrique.

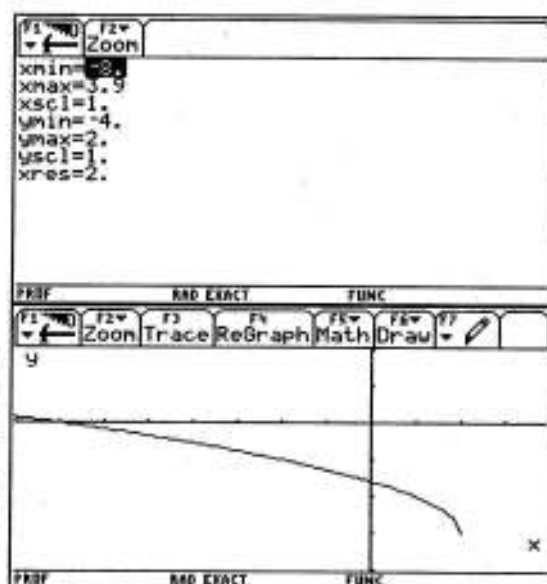
Troisième partie : un curieux tracé...

Voici le tracé de la fonction $x \mapsto \sqrt{2-x} - 3$, d'abord en **Zoomstd** puis, dans la fenêtre indiquée ci-dessous :



Il ne s'agit pas ici d'étudier, a priori, la fonction $x \mapsto \sqrt{2-x} - 3$, mais d'expliquer l'allure de son tracé, pourquoi s'arrête-t-il au point de coordonnées (2,-3)?

Dans un deuxième temps on pourra éventuellement aborder les variations en composant les fonctions de référence



Voilà un exemple où le réinvestissement du signe est immédiat. L'exemple choisi a frappé les élèves car la courbe "s'arrête" dans l'écran. Pour des élèves de seconde, ce tracé pose effectivement des questions!

Le choix des fenêtres est important pour allumer des points particuliers ; l'écran comporte 239 pixels en largeur, ici le pas est $p = (x_{\max} - x_{\min}) / 238 = (7.9 - (-8)) / 238 = 0.05$, ce qui permet d'atteindre le point (2,-3).

II SIGNE D'UN PRODUIT

Applications utilisées : *alternativement [Y=] [GRAPH] et [WINDOW].*

Préparation de la TI 92 : *se placer dans l'application initiale.*

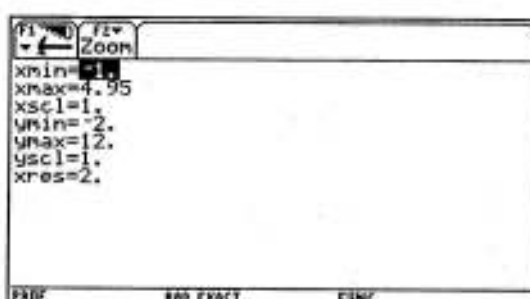
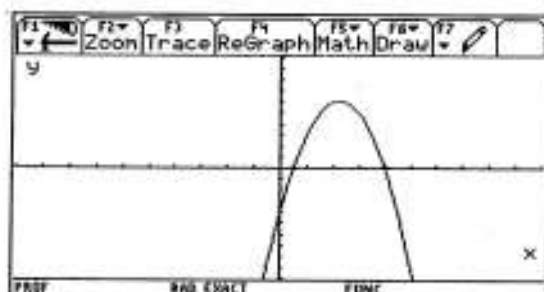
Première partie : la fonction *Sign* de l'application initiale

Taper *Sign* $((2x-1)(4-x))$; quelle est la réponse de la machine ? Comment peut-on interpréter ce résultat ?

Comme précédemment, Sign n'est pas opérationnelle.

Afin de déterminer le signe de $(2x-1)(4-x)$, on passe à la deuxième partie où l'on va utiliser [GRAPH].

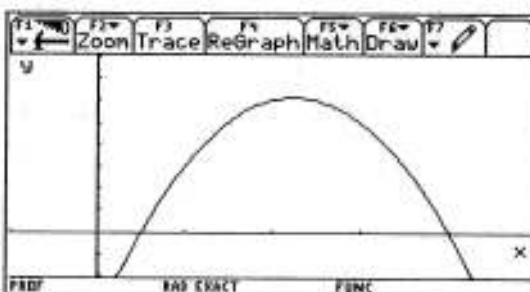
Deuxième partie : construction de la courbe d'équation $y=(2x-1)(4-x)$



Dans un premier temps, on trace la courbe dans la fenêtre standard.

Dans un deuxième temps, dans la fenêtre ci-dessus à droite, qui permet d'atteindre les points de coordonnées entières.

Utiliser le graphique pour donner le signe de $(2x-1)(4-x)$ en fonction de x .

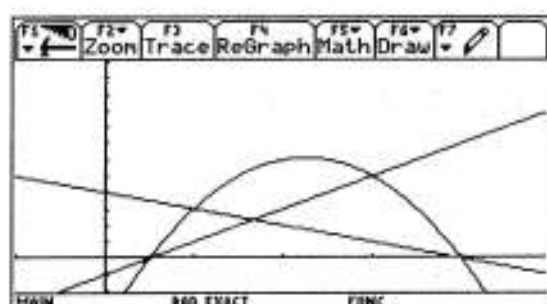


- Construire sur le graphique ci-dessus les droites d'équations $y = 1 - 2x$ et $y = 4 - x$.

Ensuite il s'agit d'intégrer la question suivante :

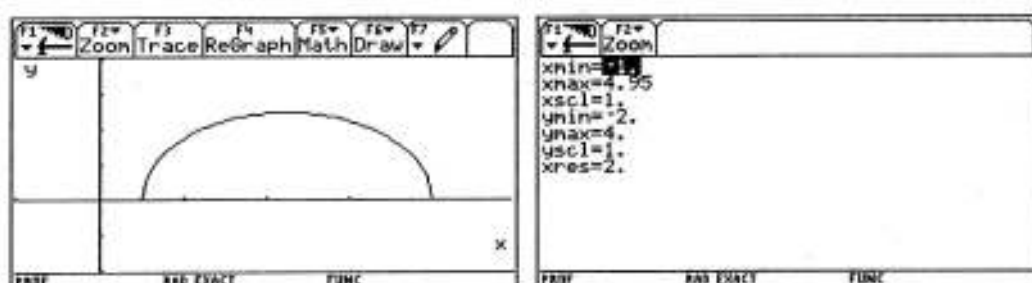
- Quel lien y a-t-il entre la courbe d'équation $y = (1 - 2x)(4 - x)$ et les droites d'équations $y = 1 - 2x$ et $y = 4 - x$, d'une part et le signe de $(1 - 2x)(4 - x)$, d'autre part ?

Tout le travail porte donc sur l'interprétation de l'écran suivant pour montrer le rôle de chaque facteur dans le signe du produit. On peut à cette occasion introduire les tableaux de signes comme moyen commode de présenter les résultats.



Troisième partie : encore un curieux tracé...

Comme prolongement de l'activité précédente, on demande de construire la courbe d'équation $y = \sqrt{(2x - 1)(4 - x)}$ d'abord dans la fenêtre standard puis dans la fenêtre ci-dessous.



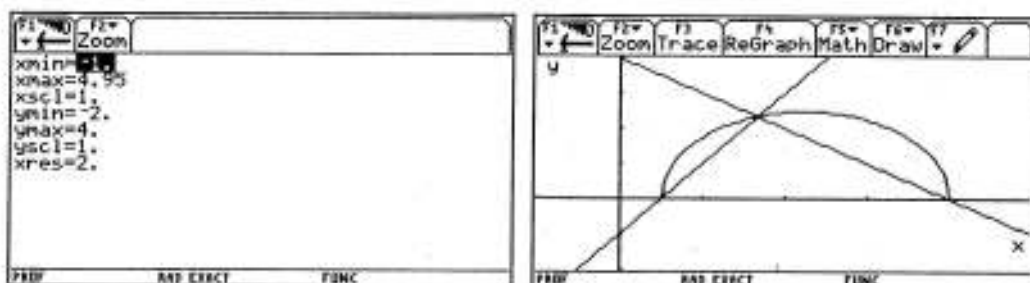
Le pas est $p = (x_{\max} - x_{\min}) / 238 = (4.95 - (-1)) / 238 = 0.025$, il permet d'accéder aux valeurs exactes des coordonnées des points d'intersection avec l'axe des abscisses.

Il ne s'agit pas ici de justifier le tracé ou d'étudier la fonction sous-jacente mais de comprendre et de démontrer pourquoi le tracé ne se fait que pour $x \in [\frac{1}{2}, 4]$.

Ψ	SIGNE D'UNE EXPRESSION (5) (Plan de la leçon)
--------	---

Remarques :

- la commande **Trace** fonctionne très bien pour $x < \frac{1}{2}$ et $x > 4$ mais ne fournit aucun résultat pour yc .
- on peut ici aussi tracer les droites d'équations $y = 1 + 2x$ et $y = 4 - x$, puis interpréter le graphique obtenu.



Comme on le voit dans les divers exemples traités il est normal, étant donnée une courbe, de s'interroger sur la nature de son tracé. Certes ce n'est pas la démarche traditionnelle, il n'empêche que ces tracés ont permis aux élèves de mieux comprendre la notion d'ensemble de définition qui, si elle ne constitue pas un thème d'étude systématique dans le programme, se révèle néanmoins indispensable pour comprendre ce type de graphiques.

A partir des exemples précédents, on conçoit la possibilité d'en créer d'autres où le graphique servira de prétexte à l'étude du signe d'une expression.

QUATRIEME PARTIE
LE RECUEIL D'INFORMATIONS PAR
QUESTIONNAIRES

QUATRIEME PARTIE LE RECUEIL D'INFORMATIONS PAR QUESTIONNAIRES

A. LE PREMIER QUESTIONNAIRE

1. TEXTE DU QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE 1

1. Nom
2. Prénom
3. Classe
4. Établissement
5. Sexe *F* ☐ *G* ☐

LES CALCULATRICES ET VOUS

6. Disposez-vous d'une calculatrice ? *Oui* ☐ *Non* ☐
7.

Laquelle ?

Marque

Nom
8. Depuis combien de temps l'avez-vous ?

moins de deux mois ☐ *moins d'un an* ☐ *plus d'un an* ☐
9. Est-ce une calculatrice programmable ? *Oui* ☐ *Non* ☐
10. Est-ce une calculatrice graphique ? *Oui* ☐ *Non* ☐
11. En aviez-vous une autre avant ? *Oui* ☐ *Non* ☐
12. Si oui, laquelle ?

Marque

Nom

L'année dernière, si vous aviez une calculatrice, l'utilisiez-vous :

13. En classe ? *Jamais* ☐ *Parfois* ☐ *Souvent* ☐
14. A la maison ? *Jamais* ☐ *Parfois* ☐ *Souvent* ☐

Utilisez-vous votre calculatrice **actuelle** :

	<i>Jamais</i>	<i>Parfois</i>	<i>Souvent</i>
15. Pour faire des calculs numériques ?			
16. Pour tracer des graphiques ?			
17. Pour programmer ?			
18. Avec des mémoires ?			
19. Avec des formules ou programmes que vous avez entrés dans votre machine ?			

20. Pouvez-vous citer des exemples de formules et programmes que vous avez entrés dans votre calculatrice?

.....

Si vous avez une calculatrice graphique, utilisez-vous :

	<i>Jamais</i>	<i>Parfois</i>	<i>Souvent</i>
21. Le zoom ?			
22. La commande "trace" ?			
23. La commande "range" (ou "window")?			

24. Pensez-vous bien connaître les possibilités de votre calculatrice ?

Oui ☐ Non ☐

25. Avez-vous appris à vous servir de votre calculatrice surtout :

Avec le professeur ☐ en manipulant ☐ avec le mode d'emploi ☐ avec des copains ☐

26. Avez-vous eu en classe, **les années précédentes**, des séances spécialement consacrées aux calculatrices?

Oui ☐ Non ☐

27. A votre avis, les professeurs de maths doivent-ils faire une initiation aux calculatrices?

Oui ☐ Non ☐

28. Si vous avez répondu "oui", précisez ce qu'à votre avis les professeurs doivent apprendre à leurs élèves ; si vous avez répondu "non", expliquez pourquoi ?

.....

29. Est-ce que votre calculatrice a parfois affiché des résultats surprenants pour vous ?

Oui ☐ Non ☐

30. Si oui, pouvez-vous en donner un ou plusieurs exemples ?

.....

31. Est-ce que votre calculatrice vous a parfois entraîné à commettre des erreurs ?
Oui ☐ *Non* ☐

32. Si oui, pouvez-vous donner un ou plusieurs exemples ?

33. Vérifiez-vous les résultats affichés par votre calculatrice ?
Jamais ☐ *Rarement* ☐ *Souvent* ☐

34. Comment ? Donnez un ou plusieurs exemples :

Pour chacune des phrases suivantes ci-dessous, cochez la case correspondant à votre opinion :

	<i>pas du tout d'accord</i>	<i>plutôt pas d'accord</i>	<i>plutôt d'accord</i>	<i>tout-à-fait d'accord</i>	<i>sans opinion</i>
35. la calculatrice me fait gagner du temps					
36. la calculatrice m'aide à résoudre les problèmes					
37. la calculatrice m'aide à vérifier mes résultats					
38. la calculatrice m'aide à préparer les contrôles					
39. la calculatrice me fait perdre du temps					

40. Avez-vous utilisé **avant cette année scolaire** votre calculatrice durant un contrôle ?
Jamais ☐ *Parfois* ☐ *Souvent* ☐

41. Pourquoi ?

42. Que pensez-vous de l'utilisation de la calculatrice aux contrôles? Etes-vous :
Pour ☐ *Contre* ☐ *ça dépend* ☐

43. Pourquoi ?

44. Utilisez-vous la calculatrice dans d'autres matières ?
Oui ☐ *Non* ☐

45. Si oui, lesquelles?

LES LOGICIELS ET VOUS

Avez-vous déjà utilisé avant cette rentrée scolaire un logiciel :

	<i>jamais</i>	<i>une ou deux fois</i>	<i>entre trois et dix fois</i>	<i>plus de dix fois</i>	lequel ou lesquels?
46. de traitement de textes ?					
47. de mathématiques ?					
48. de dessin ?					
49. un tableur ?					
50. un jeu informatique ?					
51. d'autres logiciels ?					

52. Y a-t-il un ordinateur chez vous ? L'utilisez-vous ?

Oui ☐ *Non* ☐

Chez vous, y a-t-il des personnes utilisant :

53. une **calculatrice scientifique** ? *parents* ☐ *frères ou sœurs* ☐

54. un **ordinateur** ? *parents* ☐ *frères ou sœurs* ☐

55. Avez-vous suivi l'option informatique, participé à des ateliers ou à un club informatique ?

Oui ☐ *Non* ☐

56. Pour apprendre des mathématiques, les ordinateurs sont-ils, à votre avis :

dangereux ☐ *sans effet* ☐ *utiles* ☐

57. Précisez vos raisons :

.....

.....

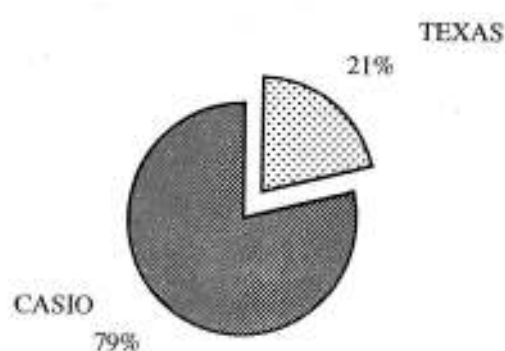
2 RESULTATS DU QUESTIONNAIRE

Nous rappelons la très forte proportion de filles dans cette classe de seconde (22 filles et 8 garçons) du lycée de Clermont-l'Hérault. Lors de la passation de ce questionnaire, une élève était absente.

Equipement en calculatrices (Questions 6 à 12)

Tous les élèves possèdent une calculatrice, une grosse majorité de marque CASIO :

Marque de votre calculatrice



Voici la répartition suivant le type de calculatrice :

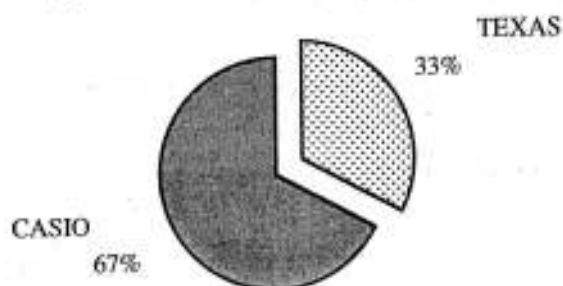
1	Collège
1	Fraction
2	FX180P
1	FX4500P
1	FX7900G
11	FX82*
1	FX82C
9	FX82D
4	FX92*
2	FX92 collège
1	FX92Cd
1	Galaxy 40
2	TI30Stat
1	TI30x
1	TI52
1	TI62

La plupart des élèves possèdent leur calculatrice depuis plus d'un an. Seuls deux élèves ont acheté une calculatrice l'année précédente. Très peu d'élèves possèdent une calculatrice programmable et un seul élève possède une calculatrice graphique (également programmable).

programmable **4** graphique **1**

Pour une majorité des élèves (18 élèves), la calculatrice actuelle n'est pas la première. Voici la répartition suivant la marque et le type de leur ancienne calculatrice :

Marque de l'ancienne calculatrice



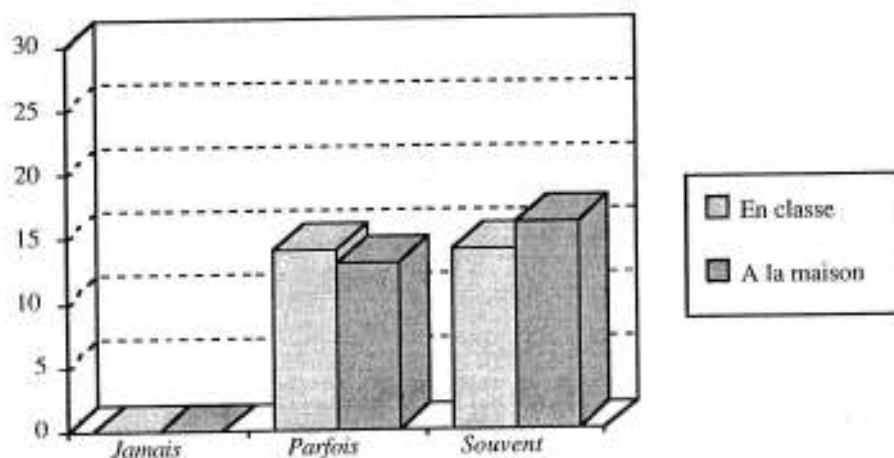
FX
FX82
FX82
FX82C
FX82C
FX82D
FX82D
FX82D
FX82L
FX92
FX92Collège
FX92Collège
Galaxie 10
TI30
TI30
TI30
TI30Stat

Utilisation de la calculatrice (Questions 13 à 23)

La calculatrice était essentiellement utilisée, l'année précédente, pour faire des calculs numériques. La fréquence d'utilisation était sensiblement identique que ce soit à la maison ou en classe, une moitié des élèves affirme l'utiliser parfois, l'autre moitié souvent :

<u>En classe ?</u>	<i>Jamais</i>	0	<i>Parfois</i>	14	<i>Souvent</i>	14
<u>A la maison ?</u>	<i>Jamais</i>	0	<i>Parfois</i>	13	<i>Souvent</i>	16

L'année dernière, si vous aviez une calculatrice, l'utilisiez-vous :



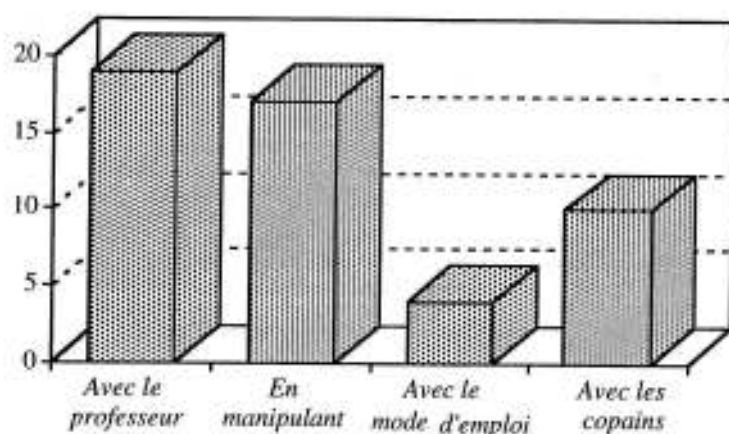
Parmi les quatre élèves qui possèdent une calculatrice programmable, deux l'utilisent parfois pour programmer. L'unique possesseur d'une calculatrice graphique l'utilise également parfois pour tracer des graphiques et déclare utiliser souvent les commandes *zoom*, *trace* et *window*. C'est le seul de la classe à utiliser des formules ou des programmes qu'il entre dans sa machine ¹, cependant sept élèves affirment utiliser parfois les mémoires de leur calculatrice.

Apprentissage et familiarisation (Questions 24 à 28)

Seuls huit élèves pensent bien connaître les possibilités de leur calculatrice. Une majorité des élèves (19 élèves) a appris à manipuler la calculatrice avec le professeur, mais l'on note que c'est rarement l'unique mode d'apprentissage. Le mode d'emploi est peu mentionné. Voici la répartition des réponses :

Comment avez-vous appris à vous en servir ?

Avec le professeur 19 En manipulant 17
Avec le mode d'emploi 4 Avec des copains 10



Seulement sept élèves ont eu des séances spécialement consacrées aux calculatrices. Mais, à part deux élèves (des garçons), tous estiment que les professeurs devraient faire une initiation aux calculatrices. Les réponses à cette question indiquent une réelle demande d'initiation et de perfectionnement à l'utilisation de la calculatrice. Il est probable que cette demande a été largement suscitée par les difficultés qu'ont ressenties les élèves lors du module sur les calculatrices (cf. TP1).

En ce qui concerne la question 28, où il leur était demandé de préciser la nature de l'apprentissage souhaité, il est remarquable de noter tout d'abord qu'à part un élève (qui estimait inutile l'intervention du professeur) tous les élèves ont répondu. Voici les grandes catégories de réponses que l'on peut distinguer :

¹ C'est au contact de son frère aîné qu'il a appris à se servir de sa calculatrice graphique.

Certaines possibilités :

- *Les professeurs doivent apprendre aux élèves les fonctions des touches difficiles.*
- *Les professeurs doivent expliquer à quoi servent certaines touches.*
- *Ils devraient expliquer à quoi servent les symboles en dessus des chiffres et des signes opérateurs.*
- *Ordre de frappe pour éviter les messages d'erreurs.*
- *Ils doivent nous apprendre l'ordre de taper sur les touches pour éviter la réponse ERROR.*
- *Les professeurs doivent apprendre à leurs élèves la touche fraction, l'utilisation des parenthèses, la mémoire et les puissances.*

Toutes les possibilités qui nous seront utiles :

- *"Oui" car les professeurs doivent nous apprendre la manipulation de la machine sur la leçon et nous montrer ce qui est à ne pas faire. Les touches inutiles pour le moment.*
- *Ils doivent leur apprendre à se servir de toutes les touches dont ils ont besoin.*
- *Ils doivent apprendre les fonctions qui peuvent servir au long de l'année scolaire (cos. sin. tan...).*
- *Toutes les possibilités qui servent dans l'année scolaire.*

Toutes les possibilités de la machine :

- *Toutes les possibilités possédées par la machine.*
- *Toutes les possibilités de leur calculatrice.*
- *Toutes les possibilités qu'a la machine.*
- *Il doit expliquer à quoi servent la plupart des touches qui nous sont inconnues (comme par exemple les symboles).*
- *Je pense que les professeurs doivent apprendre aux élèves la signification des touches*
- *L'utilité de chaque touche.*
- *Les professeurs devraient apprendre à leurs élèves les différentes touches (leurs fonctions).*
- *Les caractéristiques des touches.*
- *Pour connaître les capacités de notre machine.*
- *Parce que les élèves ne savent pas tout manipuler sur les machines.*
- *Ils doivent nous apprendre les significations des touches et comment s'en servir.*
- *Ils doivent nous expliquer comment faire les différents calculs, tous les signes de la machine et leur utilisation.*
- *Les professeurs doivent apprendre à connaître les différentes touches et comment les utiliser.*

Accès à une maîtrise de l'outil :

- *Les professeurs doivent nous apprendre à la manipuler, ses différentes possibilités, pour l'avoir bien en main et bien s'en servir.*
- *Les professeurs doivent nous apprendre toutes les utilités des différentes touches et dans quels cas nous pouvons nous en servir.*
- *Le professeur doit initier ses élèves aux calculatrices pour qu'il puissent se servir de la calculatrice et qu'elle les aide positivement.*
- *Les professeurs doivent apprendre à leurs élèves les fonctions de la machine et leur utilité.*

La seule réponse négative : il est inutile que les professeurs fassent une initiation aux calculatrices, car

- *Lorsqu'un élève a une calculatrice, il doit savoir s'en servir sans qu'on lui explique.*

La question précédente (question 27) portait sur l'opportunité d'une initiation aux calculatrices. Ces réponses semblent refléter une demande de la part des élèves en faveur d'un enseignement plus poussé qu'une simple initiation par l'enseignant : en effet les élèves qui réclament un enseignement portant sur toutes les possibilités ou une maîtrise de l'outil sont en majorité ceux qui ont déclaré avoir appris avec l'aide du professeur. Il est frappant que le terme "touche" revienne si souvent, comme si, pour un grand nombre d'élèves, le seul fait de connaître la "signification" des touches suffisait pour utiliser la machine. La présence du mot "touche" n'est pas due au hasard¹, cependant d'autres élèves sont conscients des difficultés liées à certaines touches sur certaines machines (cf. questions suivantes). Ces commentaires traduisent, de manière sensible, un besoin supplémentaire de formation portant non seulement sur la manipulation des touches, mais aussi sur la manière de "bien" s'en servir.

Prise de conscience (questions 29 à 32)

Un peu moins de la moitié des élèves (13 élèves) affirme avoir été surpris par des résultats affichés par leur calculatrice et, à l'exception de deux élèves, ils sont en mesure d'en préciser le contexte (question 30). Les réponses portent essentiellement sur les puissances, on peut distinguer plusieurs catégories suivant la précision de la réponse :

Les messages d'erreurs :

- *Des messages d'erreurs.*
- *Quand je calcule à la machine et que je trouve "ERROR" et quand je calcule à la main et que je trouve un résultat.*

Les puissances (sans autre précision) :

- *Certains chiffres avec des puissances*
- *Quand je fais des puissances.*

Des exemples de puissances :

- *9,487 (puissance 10).*
- *Pour les puissances de 10 quand je fais 10 (100) elle m'inscrit "error".*
- *32,6136 (puissance 22).*

¹ Commentaire de l'enseignant : à titre d'exemple, un nombre non négligeable d'élèves ont découvert la touche fraction de leur calculatrice.

Les puissances négatives :

- Elle affichait des nombres avec de grandes puissances négatives alors que l'opération ne devait pas donner un tel résultat.
- (puissance -10).

Les capacités restreintes :

- La machine n'affichait que 8 chiffres, lors de résultats trop grands, elle marque ERROR. Ainsi que la touche $\frac{1}{x}$ (puissances).
- Les capacités des machines étant restreintes, la machine me surprend en affichant un calcul tel que 10 (puissance 100).

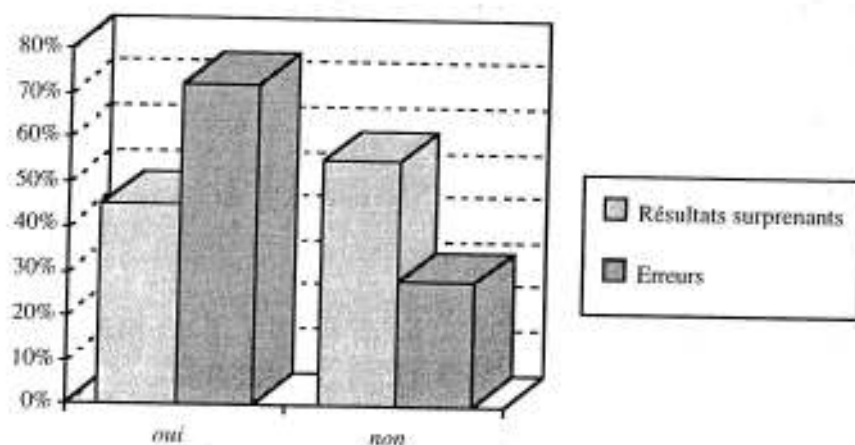
Remarquons que les deux dernières réponses sont celles d'élèves ayant utilisé des ordinateurs (cf. questions suivantes). Dans ces questions, l'on peut également constater l'impact du module sur les calculatrices. En effet, les élèves ont rencontré dans ce module des résultats paradoxaux liés aux limites de calcul ou d'affichage de la plupart des machines. En voici deux exemples :

$$0,5 * 10^{-99} * 10^{99} = 0 \text{ alors que } 10^{99} * 10^{-99} * 0,5 = 0,5$$

$$0,1234567 * 136963 = 16909, \text{ alors que le résultat contient sept décimales.}$$

D'autres contradictions ont été rencontrées par les élèves durant le premier trimestre avant l'arrivée des TI 92. De plus, la présence d'une grande variété de calculatrices a rendu certains résultats encore plus curieux : en effet un résultat paradoxal sur une calculatrice ne l'était pas nécessairement sur une autre. Pour la première fois, ces élèves étaient confrontés à des résultats erronés et l'erreur observée leur a paru d'autant plus surprenante que les calculs proposés leur paraissaient simples. Il est donc fort probable que les réponses à ces questions dans une autre classe de seconde auraient pu donner des résultats sensiblement différents.

Nous devons relativiser les résultats de ces deux questions (questions 29 & 30). En effet, il faut signaler que certains élèves (8 élèves) ont interprété ces questions sur les éventuels résultats surprenants d'une manière inattendue : ils ont répondu par la négative, mais dans les questions suivantes (questions 30 & 31) ont donné des réponses parfois précises indiquant que la machine peut afficher des résultats faux :



Doit-on en déduire qu'ils ont intégré le fait qu'une calculatrice peut afficher des résultats faux et ne sont donc plus surpris par ce fait ? On peut penser qu'un certain nombre d'élèves commencent à intégrer, à ce moment de l'année, le fait que la machine peut afficher des résultats faux. Nous pourrions essayer d'étudier l'évolution des conceptions des élèves au cours de l'année, grâce à l'interprétation des données recueillies au cours des questionnaires suivants.

Vingt-et-un élèves reconnaissent que leur calculatrice (questions 30 & 31) les a parfois entraînés à commettre une erreur. Dans les réponses, nous pouvons faire deux distinctions. L'une concerne la provenance de l'erreur quand elle est précisée ou quand il n'y a pas de doute (la calculatrice affiche un résultat erroné ou l'erreur provient de la manipulation de l'élève). Une autre distinction porte sur le contexte mentionné.

Erreurs de la calculatrice :

- *Quand un nombre est trop long et qu'il ne rentre pas dans la machine.*
- *Elle donnait des résultats faux.*
- *Oui car quand on essaye d'appuyer sur des touches vite, elle s'embrouille et met "ERROR".*
- *Quand le résultat affiché est trop long, elle l'arrondit et cela m'a fait commettre des erreurs de calculs.*
- *Quelquefois, nous tapions un calcul avec parenthèses, puissances et fractions en même temps, cela était trop compliqué pour la machine et elle affiche alors un résultat inexact.*
- *$0,5 \times 10^{-93} \times 10^{93} = 0,5$ à la main, mais la machine donne 0 dans les puissances de 10.*

Erreurs de manipulation :

- *Quand je frappe sur les touches pas dans le bon ordre.*
 - * *Parenthèses*
- *Dans des opérations avec beaucoup de parenthèses et de divisions.*
- *Dans une opération complexe, quand il faut mettre des parenthèses pour différencier les opérations.*
- *En absence de parenthèses : $10/2+3$ donne 8 à la calculatrice.*

- Elle commet des erreurs lorsqu'il n'y a plus de pile, ou lorsqu'on ne sait pas se servir des parenthèses par exemple.

Erreurs (provenance non précisée) :

- Suivant comme je tape l'opération, la calculatrice me donne un résultat faux et ensuite je continue mon problème avec une erreur.

** Puissances*

- Avec les fractions ou les puissances.
- Avec les puissances de 10.
- Les puissances
- Pour calculer les puissances
- Pour les puissances avec la touche.
- Pour les puissances, la touche.
- Lorsqu'on multiplie par une puissance de 10. Il faut mettre 1 et pas 10 sinon il y a écrit un résultat faux.

Notons que les réponses à cette question font, pour la plupart, référence au module sur les calculatrices qui a fait l'objet du TP1. La présence des puissances n'est pas étonnante, il semblerait qu'un grand nombre d'élèves ne maîtrise pas la touche x^y ou a^b à l'entrée en seconde. Il en résulte certaines difficultés avec les puissances de 10 dont les élèves se méfient, à juste titre, c'est pourquoi ils évoquent la touche EX ou $*10^x$ sur certaines calculatrices CASIO : en effet, en général, ils ont appris dans les classes précédentes que ces touches permettent le calcul des puissances de 10, ce qui est vrai avec cependant quelques précautions :

$12 = 100$ mais $10^2 = 1000$ (idem avec la touche $*10^x$)

Pour certains élèves la deuxième écriture peut être lue comme "10 exposant 2", le 1000 affiché à l'écran a donc de quoi les surprendre ! Cette précision permet de comprendre la dernière réponse ci-dessous :

- Lorsqu'on multiplie par une puissance de 10. Il faut mettre 1 et pas 10 sinon il y a écrit un résultat faux.

Ceci explique la réticence des élèves vis à vis des puissances de 10, alors que l'on pouvait penser, a priori, que la touche puissance pourrait régler bon nombre de problèmes.

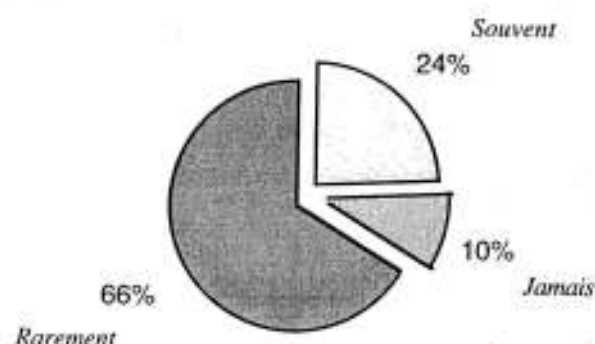
Procédures de contrôle (questions 33 et 34)

Bien qu'une majorité importante des élèves ait conscience que la calculatrice peut entraîner à commettre des erreurs, un petit nombre seulement d'élèves vérifie souvent les résultats affichés par la machine :

Vérifiez-vous les résultats affichés par votre calculatrice ?

Jamais **3** Rarement **19** Souvent **7**

Vérifiez-vous les résultats affichés par votre calculatrice ?



Nous constatons une grande diversité dans les procédures de vérification. Parmi les élèves qui ont précisé leur outil de vérification, 11 élèves vérifient le calcul à la main uniquement, 5 autres utilisent uniquement la machine, 4 autres utilisent la main et la machine. Un élève seulement mentionne le calcul mental. Quel que soit l'outil utilisé, la procédure consiste le plus souvent à refaire plusieurs fois le calcul, notons cependant que 5 élèves ont recours volontairement à plusieurs procédures différentes quand ils refont un calcul.

A la main

- A la main car à la main quand il y a des virgules c'est plus précis si ça ne trompe pas 0,000001. 6 chiffres après la virgule.
- A la main, en refaisant l'opération, en mettant des parenthèses.
- En calculant à la main avec des formules.
- En calculant à la main on a le résultat non arrondi.
- En calculant l'opération que j'ai demandée manuellement.
- En faisant des calculs à la main.
- En refaisant les calculs à la main.
- Je refais des fois les calculs à la main.
- Je refais le calcul sur une feuille
- Je vérifie les résultats affichés par ma machine par le calcul écrit, à la main.
- Je refais le calcul sans la machine.

A la calculatrice

* Plusieurs fois

- Un calcul numérique long comportant de nombreuses parenthèses, je le refais, la machine me sert en quelque sorte de vérification.

** De manière différente*

- En donnant une valeur à x , y ... et en essayant avec une autre valeur.
- En donnant une valeur numérique à x et y et en essayant avec d'autres valeurs.
- En refaisant le calcul avec la machine mais en tapant différemment les données de l'opération.
- Je retape mon opération en introduisant le nombre que j'ai obtenu précédemment.

A la main et (ou) à la calculatrice

** Plusieurs fois*

- En refaisant 2 fois le calcul à la calculatrice ou à la main quand j'ai le temps.
- D'abord je fais mon calcul, je le reprends à la main et quand je vois 2 résultats différents je vérifie à la machine.
- Je le refais à la main ou je le retape plusieurs fois sur la machine.

** De manière différente*

- Quelquefois, je refais le calcul au brouillon ou alors je le fais sur la calculatrice de manière différente.

Mentalement

- En faisant du calcul mental. Exemples : calculs simples.

Outil non précisé

** Plusieurs fois*

- Si je ne suis pas sûr du résultat affiché, je refais ce calcul plusieurs fois.

** De manière différente*

- Dans un calcul, je refais l'opération finale et si ce n'est pas bon, je vérifie l'opération depuis le début.

** Autres*

- En faisant l'opération.
- En refaisant les opérations.
- Pour les divisions, les racines carrées.

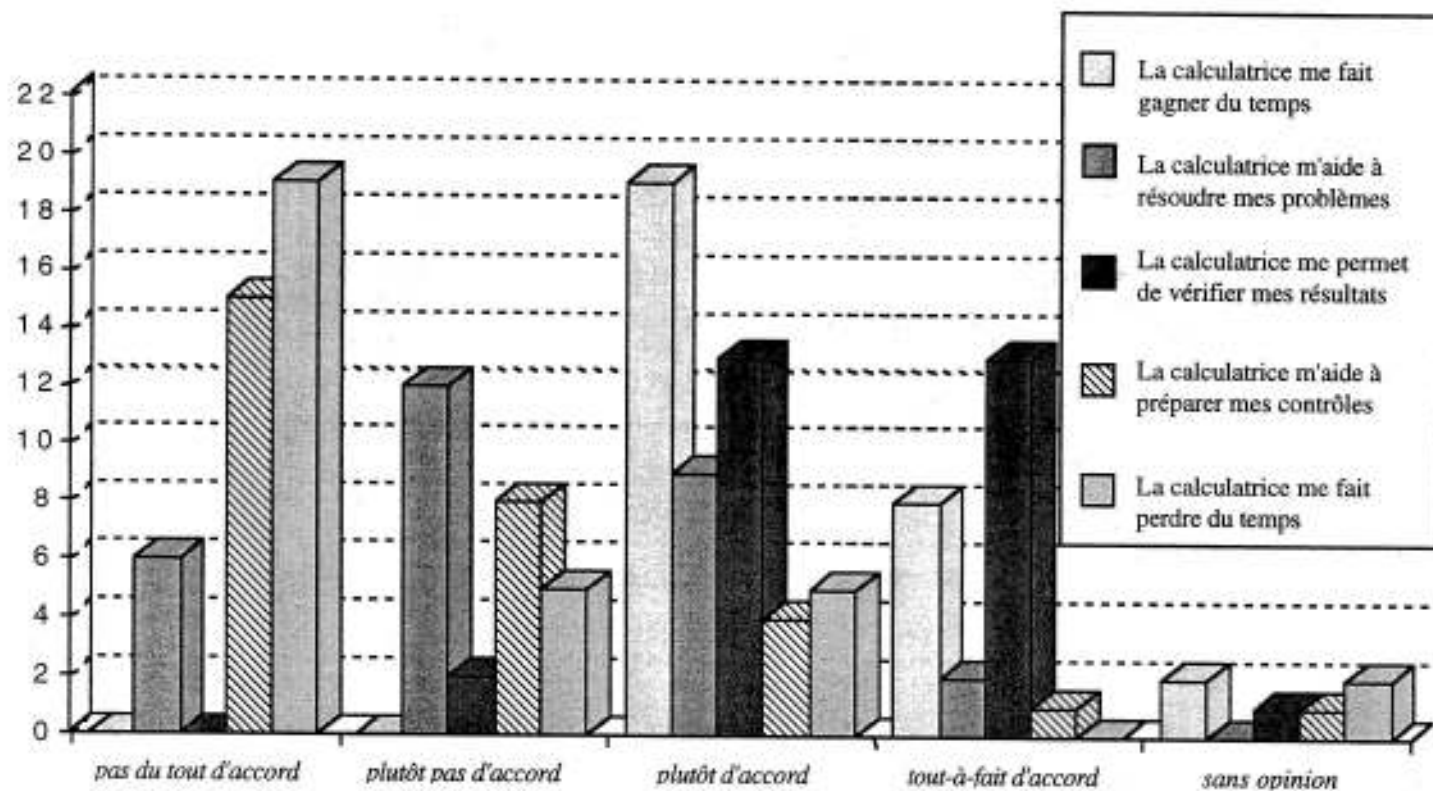
Ainsi, si l'on peut penser que les élèves de cette classe commencent à intégrer le fait que leur calculatrice peut afficher des résultats faux, on est bien obligé de constater que les procédures de contrôle sont difficiles à mettre en oeuvre. Elles sont coûteuses en temps et, en général, non maîtrisées : d'un côté, il est manifeste que les résultats peuvent être erronés et de l'autre, on ne contrôle pas souvent ces résultats.

Opinions sur l'utilité (questions 34 à 45)

Voici les résultats des questions 35 à 39 :

	<i>pas du tout d'accord</i>	<i>plutôt pas d'accord</i>	<i>plutôt d'accord</i>	<i>tout-à-fait d'accord</i>	<i>sans opinion</i>
35. la calculatrice me fait gagner du temps	0	0	19	8	2
36. la calculatrice m'aide à résoudre les problèmes	6	12	9	2	0
37. la calculatrice me permet de vérifier mes résultats	0	2	13	13	1
38. la calculatrice m'aide à préparer les contrôles	15	8	4	1	1
39. la calculatrice me fait perdre du temps	19	5	3	0	2

Les opinions sont très favorables à l'utilisation de la calculatrice : l'avis est unanime, la calculatrice fait gagner du temps (question 35), et ce qui est cohérent, elle n'en fait pas perdre (question 39)! En outre, elle permet de vérifier ses résultats (question 37). Seulement onze élèves pensent qu'elle peut aider à résoudre des problèmes (question 36). Enfin, en ce qui concerne la préparation des contrôles, uniquement cinq élèves pensent que la calculatrice les aide à préparer les contrôles.



Cette opinion est à mettre en relation avec les résultats de la question 40, puisque tous les élèves, sauf 1, ont déjà utilisé leur calculatrice durant un contrôle avant cette année scolaire :

Jamais **1**

Parfois **10**

Souvent **18**

Les justifications de cette utilisation en contrôle sont diverses, l'on peut distinguer l'utilisation pour calculer (des calculs complexes, en général), pour vérifier, pour gagner du temps ou tout simplement, parce que c'est autorisé ...

Pour calculer :

- *Parce qu'il y avait beaucoup de calculs à faire.*
- *Pour calculer les cosinus, les tangentes, les racines.*
- *Pour calculer les racines carrées, cosinus, sinus...*
- *Pour faire des calculs longs.*
- *Pour faire des calculs.*
- *Pour calculer.*
- *Sur les racines carrées, sinus, cosinus, tangente.*
- *Pour faire les longs calculs.*
- *Pour les calculs dans les contrôles de math ou physique ou même pour les démonstrations.*
- *Pour les calculs de trigonométrie, racine carrée.*
- *Pour les sinus, les cosinus et les tangentes, les racines carrées.*
- *Pour résoudre des calculs difficiles.*
- *Pour résoudre les activités numériques, et pour ne pas poser les opérations.*

*** Valeur approchée**

- *Pour donner une valeur approchée d'une valeur exacte.*

Pour calculer et (ou) vérifier :

- *Pour essayer de vérifier les calculs.*
- *Pour vérifier mes résultats.*
- *Pour calculer, ou pour vérifier mes résultats.*
- *Pour faire les calculs et quelquefois vérifier les résultats.*

Parce que c'est autorisé :

- *Car le professeur nous laissait l'utiliser.*
- *Car le professeur l'autorisait, et elle me faisait gagner du temps.*
- *Car mon professeur nous donne l'autorisation de s'en servir.*
- *Le professeur nous l'autorise.*
- *Parce que c'était autorisé et qu'on avait des opérations longues à faire.*
- *Quand le professeur de math l'autorisait.*

Pour gagner du temps :

- *Pour gagner du temps pour le contrôle (ce qui est important).*
- *Pour gagner du temps sur des opérations complexes.*

Autres réponses :

- *Quand l'on trouve.*

Un élève qui n'utilise que "parfois" sa calculatrice aux contrôles, justifie ce fait de la manière suivante :

- *Parce que les calculs pouvaient être faits mentalement.*

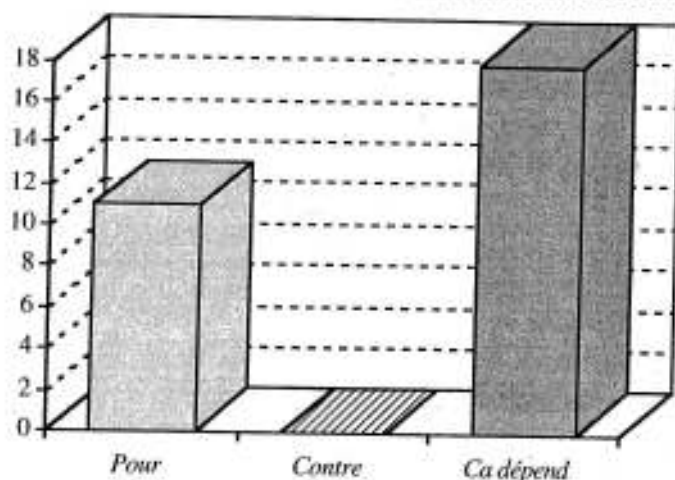
La justification du seul élève qui n'a jamais utilisé sa calculatrice est :

- *Les calculs à effectuer étaient plutôt simples.*

L'avis sur la pertinence de la calculatrice aux contrôles est plus mitigé (question 43) : si aucun élève n'est contre, 18 élèves estiment que cela dépend :

Pour Contre ça dépend

Que pensez-vous de l'utilisation de la calculatrice aux contrôles ? Etes-vous :



Pour ce qui est des raisons invoquées, nous les regrouperons selon que la réponse est favorable ou non.

Réponses "Pour" :

* gagner du temps,

- *Ça permet d'aller plus vite, de ne pas poser les calculs.*
- *Car elle fait souvent gagner du temps.*
- *Elle fait gagner du temps*
- *Ça permet d'aller plus vite et de ne pas perdre son temps à poser les opérations.*
- *Car on perd moins de temps pour les grosses multiplications et fractions, les gros calculs. Cela fait gagner beaucoup de temps.*

* vérifier,

- *Car elle nous permet de vérifier nos résultats et avoir plusieurs opinions.*

* calculs complexes

- *Car elle peut aider à résoudre des résultats complexes.*
- *Pour faire les calculs impossibles à réaliser de trigonométrie.*
- *Pour faire les sinus, cosinus et des calculs impossibles à faire à la main.*
- *Pour les sinus, cosinus et les tangentes. En plus, pour simplifier une fraction on passe beaucoup trop de temps à mon avis.*

Réponses "cela dépend" :

* du thème

- *Car souvent la calculatrice ne nous sert presque pas (exemple : les vecteurs).*
- *Sur les fractions, lorsqu'on peut simplifier des nombres assez grands.*
- *Si nous n'avons pas de calcul avec puissances, racine carrée, sinus, nous n'éprouvons pas le besoin de nous en servir.*
- *Je pense que pour les petits calculs la calculatrice n'est pas indispensable ça donne à réfléchir par contre il y a des calculs où elle est nécessaire.*
- *Ce n'est pas tout le temps indispensable. Pour certains contrôles il vaut mieux ne pas s'en servir.*

- Ça dépend sur quel thème porte le contrôle.
- Car elle est souvent inutile.
- Des fois car, suivant les opérations, il vaut mieux les faire à la main.
- Parce que des fois c'est des petits calculs qu'on doit faire alors le prof. devrait nous l'interdire. Aussi on va tout le temps s'en servir et perdre du temps.
- Pour faire des calculs très longs et pour pouvoir vérifier plus rapidement.
- Car il faut savoir résoudre des calculs mentaux mais dans un contrôle long, il vaut mieux l'avoir pour aller plus vite.

** met l'accent sur le résultat*

- Avec la calculatrice, on a tendance à mettre des calculs un peu partout et nous oublions la rédaction qui est plus importante.
- Car il y a des exercices qui ont besoin d'un raisonnement écrit avant d'arriver au résultat mais nous, avec la calculatrice on est tenté de marquer directement le résultat.
- Cela dépend car si l'énoncé demande un calcul manuel, bien construit, la machine donne seulement le résultat et non les démarches.

** autres*

- La calculatrice n'est pas toujours le meilleur moyen de résoudre un calcul.
- Si un jour on a contrôle mais que la calculatrice est interdite il faut savoir se débrouiller sans.
- Elle peut induire en erreur. Elle permet de calculer plus rapidement.
- Parce qu'on a tendance à ne pas réfléchir et à tout faire à la calculatrice donc on fait parfois des erreurs.

En ce qui concerne les autres matières que les mathématiques, tous les élèves utilisent la calculatrice. La physique est mentionnée par tous les élèves. Ensuite, les matières citées le plus souvent sont les Sciences Economiques et Sociales (17), la géographie (9), la chimie (3), la biologie (1) et l'histoire (1).

Environnement informatique (questions 46 à 57)

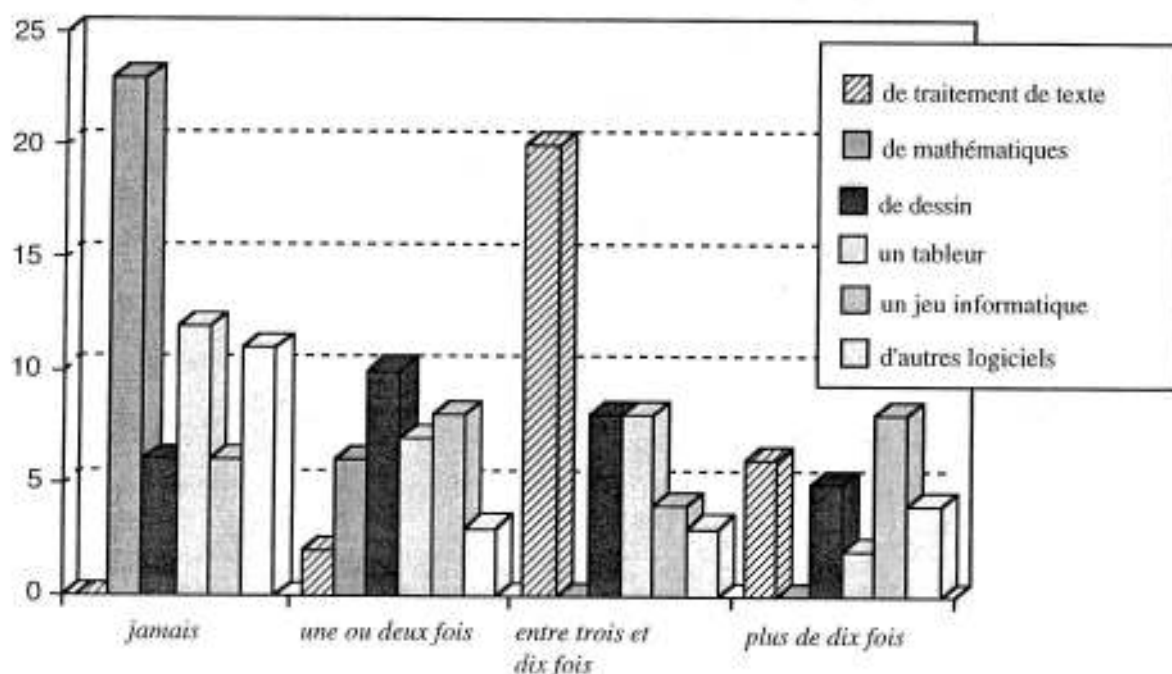
Les questions suivantes avaient pour objectif de cerner l'environnement informatique des élèves de cette classe de seconde.

Avez-vous déjà utilisé avant cette rentrée scolaire un logiciel ?

	<i>jamais</i>	<i>une ou deux fois</i>	<i>entre trois et dix fois</i>	<i>plus de dix fois</i>	lequel ou lesquels?
46. de traitement de textes ?	0	2	20	6	Works (24)
47. de mathématiques ?	23	6	0	0	Logo (1) Cabri (1)
48. de dessin ?	6	10	8	5	
49. un tableur ?	12	7	8	2	Works (14)
50. un jeu informatique?	6	8	4	8	
51. d'autres logiciels?	11	3	3	4	

Nous commenterons ces résultats selon un ordre décroissant d'utilisation. Il apparaît que tous les élèves ont déjà manipulé un logiciel de traitement de textes et, pour une grosse majorité d'entre eux, plus de trois fois (26 élèves). Le logiciel *Works* est le plus fréquemment cité (22 élèves). Au vu des réponses aux questions suivantes, cette manipulation s'est souvent faite en dehors d'un club informatique ou de la maison.

Avez-vous déjà utilisé avant cette rentrée scolaire un logiciel :



En ce qui concerne les logiciels de dessin, six élèves n'en ont jamais manipulé et le nombre d'élèves ayant manipulé plus de trois fois est nettement plus faible (13 élèves). Les logiciels de dessin cités sont *Publisher* (5 élèves), *Paint* (4 élèves), *Sketch* (4 élèves), *PaintBrush* (3 élèves), *Draw* (1 élève).

Six élèves n'ont jamais manipulé de jeux informatiques et 8 élèves en ont manipulé moins de 3 fois. Contrairement à ce que l'on entend fréquemment, il est à noter que les jeux informatiques

ne sont pas les logiciels les plus utilisés par les élèves. Les logiciels de jeux cités sont : *Cartes*, *Réussites*, *Wooll*, *Le solitaire*, *Bockout*, *Démineur*, *Tétris*, *Lemmings*. Remarquons que *Logo* est également cité par un élève en tant que jeu informatique.

L'utilisation de tableurs est sensiblement inférieure, 12 élèves n'en ont jamais manipulé et 10 élèves seulement en ont manipulé plus de trois fois. Le seul tableur cité est *Works* (14 élèves).

Les logiciels de mathématiques sont les logiciels les moins manipulés, puisque 6 élèves seulement en ont manipulé une ou deux fois. Les logiciels cités sont *Logo* (1 élève différent du précédent) et *Cabri* (1 élève).

Dix élèves ont manipulé d'autres logiciels, ils citent *Dos* (3 élèves), *Sketch* (3 élèves), *MacWrite* (2 élèves), *Publisher* (2 élèves), *Base de données* (1 élève), *Print. M* (1 élève).

Parmi les élèves de cette classe, seuls 5 élèves (17%) utilisent à la maison un ordinateur (question 52) :

Y a-t-il un ordinateur chez vous? L'utilisez-vous?



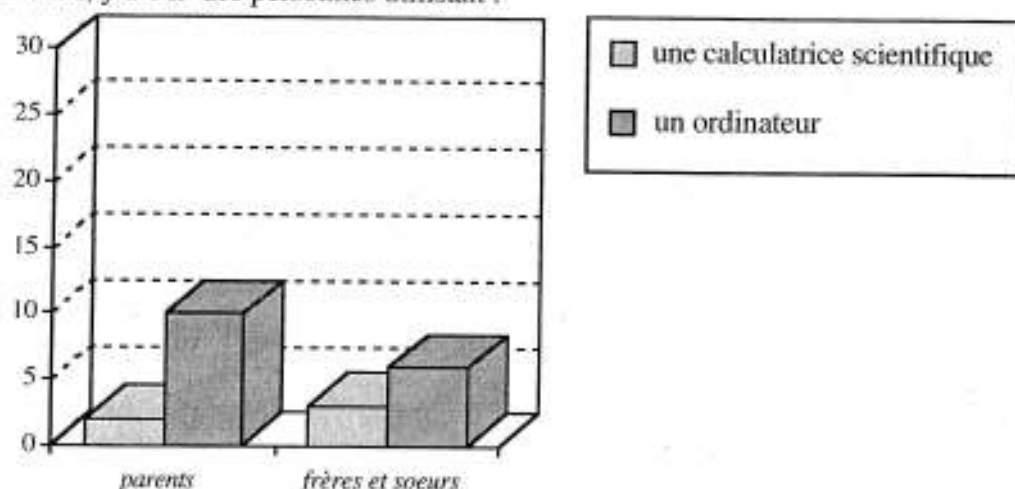
Il est intéressant de connaître l'attitude des membres de la famille, pour éclairer ces chiffres. En ce qui concerne les calculatrices scientifiques, elles sont peu utilisées par d'autres membres de la famille :

parents frères ou sœurs

En ce qui concerne les ordinateurs, l'utilisation est nettement plus importante :

parents frères ou sœurs

Chez vous, y a-t-il des personnes utilisant :



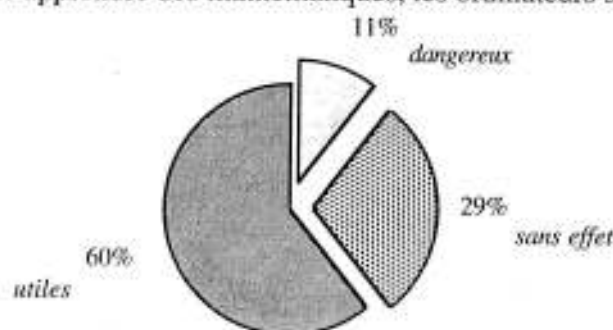
Par conséquent, les élèves se sont peu intéressés à l'ordinateur familial, bien que, pour la moitié d'entre-eux, il y a au moins un membre de la famille utilisant celui-ci. Pourtant un quart des élèves de cette classe déclare avoir déjà suivi un atelier ou un club informatique. Il apparaît que ce n'est pas une condition suffisante pour inciter à une utilisation domestique de l'ordinateur.

Les dernières questions (questions 56 et 57) étaient relatives à l'utilité de l'ordinateur pour apprendre les mathématiques. Il s'avère que les avis sont partagés :

Pour apprendre des mathématiques, les ordinateurs sont-ils, à votre avis :

dangereux **3** sans effet **8** utiles **17**
(un élève n'a pas répondu)

Pour apprendre des mathématiques, les ordinateurs sont-ils, à votre avis :



Les raisons données à la question suivante doivent être étudiées en fonction des réponses à cette question. Si une majorité des élèves semble convaincue de la possibilité d'apprendre des Mathématiques avec un ordinateur, l'avis est loin d'être unanime : les avis négatifs font souvent référence à une complexification de la situation et les commentaires fournis par les élèves qui répondent "sans effet" indiquent que, pour eux, apprendre relève d'un travail personnel dans lequel l'ordinateur ne peut être d'aucun secours.

Dangereux

- *Je trouve déjà les maths difficiles en eux-même alors un ordinateur en plus, cela ne peut faire que nous embrouiller encore plus.*
- *Déjà qu'avec certaines machines, c'est difficile alors avec des ordinateurs, ce n'est pas la peine.*
- *On oublie presque toutes les multiplications (les tables de) l'ordinateur nous fait le travail.*

Sans effet

- *L'ordinateur est utile, mais pas pour apprendre les mathématiques. L'ordinateur n'apprend pas à ma place les mathématiques.*
- *Je ne vois pas comment un ordinateur peut aider à apprendre les maths, on peut juste faire des graphiques, des dessins géométriques, mais pour les calculs ça revient au même que d'avoir une machine.*
- *Je pense qu'un ordinateur n'est pas capable de faire une démonstration seul, qu'il faut que ce soit nous. C'est toujours notre cerveau qui travaille.*
- *On n'est pas obligé d'avoir un ordinateur pour faire des mathématiques.*
- *C'est plutôt dans la tête que se déroulent les idées, les démonstrations, pas sur un écran !*

Plus de la majorité des élèves de la classe (17 élèves) est cependant convaincue que l'ordinateur peut les aider dans leur apprentissage des mathématiques, et les arguments donnés font souvent référence à l'accès aux figures géométriques et aux graphiques¹ :

** pour la géométrie et les graphiques*

- *C'est plus pratique pour faire les figures de géométrie.*
- *Je pense que les ordinateurs sont utiles pour la géométrie surtout.*
- *Ils peuvent tracer des figures précises, faire des calculs précis.*
- *Pour faire les graphiques (la géométrie en général).*
- *Pour la géométrie, tracer les figures.*
- *Je pense que les ordinateurs sont utiles parce qu'ils ont des mémoires et que pour le travail il est plus pratique de les avoir (graphiques).*
- *Les ordinateurs nous aident lors de tracé de graphique, de modifications.*

** autres*

- *C'est plus amusant, et ça permet en même temps d'apprendre à se servir d'un ordinateur.*
- *Ça peut nous aider.*
- *Calculs de côtés, coefficient d'agrandissement.*
- *Car l'ordinateur peut donner des idées, mais il ne peut pas tout résoudre. Il peut être dangereux qu'un enfant tire tout de son ordinateur car cela ne l'amène plus à réfléchir.*
- *Ce sont des nouvelles méthodes pour apprendre les mathématiques qui nous ouvrent sur des horizons nouveaux et qui nous permettent de nous familiariser avec l'ordinateur qui sera à mon avis l'outil le plus utilisé dans l'avenir.*
- *On n'a pas besoin de tout dessiner à la main, on rentre une donnée et la droite se dessine.*

¹ On peut, sans doute, conjecturer que l'utilisation par l'enseignant de la calculatrice rétroprojetable a déjà eu un impact sur les élèves.

- *On peut mieux voir les choses, c'est plus grand.*
- *On peut vérifier facilement nos calculs sur l'ordinateur car il a une grande mémoire.*

Il sera intéressant de comparer les réponses à ces dernières questions et celles qui seront données au cours des prochains questionnaires, afin d'estimer l'évolution des opinions de ces élèves.

Synthèse des résultats

Tous les élèves de cette classe de seconde possèdent une calculatrice, la plupart depuis plus d'un an, elle n'est en général ni programmable, ni graphique. Les élèves l'utilisent presque exclusivement pour faire des calculs numériques autant à la maison qu'en classe : une moitié des élèves déclare l'utiliser parfois, l'autre moitié souvent.

Seuls huit élèves estiment bien connaître les possibilités de leur calculatrice, bien qu'une majorité des élèves ait appris à manipuler avec le professeur. Le mode d'emploi est très peu utilisé et l'on peut noter une forte demande pour davantage de formation par le professeur à la calculatrice.

Si une petite moitié des élèves se dit surprise par les résultats de sa calculatrice, 72% des élèves ont conscience qu'elle peut afficher des résultats faux. Cependant 7 élèves seulement vérifient souvent les résultats de leur calculatrice.

Les opinions sont très favorables à l'utilisation de la calculatrice, car elle fait gagner du temps. Si tous les élèves, sauf un, l'ont déjà utilisée en contrôle, il n'y a pas unanimité sur la pertinence de cette utilisation. Une majorité des élèves a conscience que l'utilisation systématique a certains effets négatifs.

En ce qui concerne l'utilisation d'ordinateurs, l'environnement familial ne semble pas déterminant. Si tous les élèves ont déjà manipulé un traitement de textes, c'est souvent en dehors de la maison ou d'un club informatique. Seulement six élèves ont déjà manipulé une ou deux fois un logiciel de Mathématiques. Bien qu'un quart des élèves ait suivi un club informatique, seuls 5 élèves utilisent à la maison un ordinateur (sur 15 disponibles). Enfin, l'avis est loin d'être unanime (17 élèves) en ce qui concerne l'utilité d'un ordinateur pour apprendre les mathématiques. Il sera intéressant d'observer l'évolution des opinions de ces élèves.

B. LE DEUXIÈME QUESTIONNAIRE

1. TEXTE DU QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE 2

1. Nom
2. Prénom
3. Classe
4. Établissement
5. Sexe *F* ☐ *G* ☐

LA TI 92 ET VOUS

6. Actuellement, estimez-vous vous débrouiller avec la TI 92 ?

<i>Pas très bien</i>	<i>Moyennement</i>	<i>Bien</i>
☐	☐	☐

7. Pouvez-vous citer trois fonctionnalités de la machine (en dehors de la 3D) que vous avez appris à utiliser seul(e) ?

1.
2.
3.

8. Avez-vous rencontré des difficultés pour apprendre à utiliser la TI 92 ?

Oui ☐ *Non* ☐

9. Si oui, précisez lesquelles :
-
-

10. Consultez-vous les documents distribués par le professeur ?

<i>Jamais</i>	<i>Parfois</i>	<i>Souvent</i>
☐	☐	☐

11. Précisez les parties qui vous ont été le plus utiles :

		<i>Pas du tout</i>	<i>Un peu</i>	<i>Beaucoup</i>
	Caractéristiques de la machine			
	Fonctionnalités communes			
	Manipulations de la machine			
	Activités mathématiques			
	Boîte à outils			

12. Avez-vous complété ces documents ?

Oui ☐

Non ☐

13. Consultez-vous le manuel Texas Instruments ?

<i>Jamais</i>	<i>Parfois</i>	<i>Souvent</i>
☐	☐	☐

14. Précisez les parties qui vous ont été le plus utiles :

Par rapport à votre ancienne calculatrice,

15. Utilisez-vous la TI 92 plus ou moins que votre calculatrice habituelle ?

Moins ☐

Plus ☐

16. Qu'est-ce qui vous paraît nouveau ?.....

17. Qu'est-ce qui vous paraît moins bien ?

18. Qu'est-ce qui vous paraît mieux ?

19. Qu'est-ce qui vous plaît le plus dans cette machine (applications, fonctionnalités...) ?

20. Avez-vous été surpris par des résultats obtenus avec la TI 92 ?

Oui ☐

Non ☐

21. Si oui, donnez des exemples :
-
-

La calculatrice TI 92 vous est-elle utile :

	<i>Pas du tout</i>	<i>Un peu</i>	<i>Beaucoup</i>
22. En classe			
23. En contrôle			
24. A la maison			

Pour chacune des phrases suivantes ci-dessous, cochez la case correspondant à votre opinion :

	<i>pas du tout d'accord</i>	<i>plutôt pas d'accord</i>	<i>plutôt d'accord</i>	<i>tout-à-fait d'accord</i>	<i>sans opinion</i>
25. la TI 92 me fait gagner du temps					
26. la TI 92 m'aide à résoudre les problèmes					
27. la TI 92 me permet de vérifier mes résultats					
28. la TI 92 m'aide à préparer les contrôles					
29. la TI 92 me fait perdre du temps					

30. La TI 92 vous a-t-elle aidé à comprendre une notion mathématique ?

Oui ☐

Non ☐

31. Si oui, précisez :
-

32. Faire des mathématiques avec la TI 92, c'est :

Moins intéressant ☐

Pareil ☐

Plus intéressant ☐

33. Précisez :
-

34. Faire des Mathématiques avec la TI 92, c'est :

Moins facile ☐

Pareil ☐

Plus facile ☐

35. Précisez :

36. Dans la TI 92, conservez-vous en mémoire :

- | | | | |
|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| Ce qui a été fait en classe | ☐ | Des formules de mathématiques | ☐ |
| Des jeux | ☐ | Des formules d'autres disciplines | ☐ |
| D'autres programmes | ☐ | | |

Autres (précisez)

37. Parmi les TP avec machine, quels sont ceux qui vous ont posé des difficultés ?

a) d'un point de vue mathématique :

- | | | | |
|---|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| TP1 (Parenthésage, Valeur approchée) | ☐ | TP3 (Egalité d'expressions) | ☐ |
| TP4 (Constructions à partir de l'orthocentre) | ☐ | TP5 (Fonctions) | ☐ |

b) d'un point de vue fonctionnalités :

- | | | | | | |
|--|---|---|----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| ComDenom ☐ | Define ☐ | Expand ☐ | Factor ☐ | Mode ☐ | Sign ☐ |
| Graph ☐ | Minimum ☐ | Trace ☐ | Value ☐ | Window ☐ | Zoom ☐ |
| Calculate ☐ | Check property ☐ | Création d'objets géométriques ☐ | | | |
| Déplacer un objet ☐ | Distance ☐ | Locus ☐ | Pointer ☐ | | |
| Maximum ☐ | Intersection ☐ | | | | |

38. En manipulant avez-vous découvert des fonctionnalités qui n'ont pas été vues en classe et que vous aimeriez voir aborder par votre professeur ?

1.
2.
3.

Voici deux écrans de TI 92

ECRAN N°1

F1	F2	F3	F4	F5	F6
Algebra	Calc	Other	PrgmIO	Clear	a-z...

▪ $(2 \cdot x^2 - 20 \cdot x + 36, x)$

$2 \cdot (x + \sqrt{7} - 5) \cdot (x - \sqrt{7} - 5)$

▪ Define $f(x) = \frac{2 \cdot x - 3}{x - 5}$ Done

▪ $f(5)$ undef

▪ $fMin(2 \cdot x^2 + 5 \cdot x - 6, x)$ $x = -5/4$

PROGRAM	RAD EXACT	FUNC 4/99
---------	-----------	-----------

ECRAN N°2

F1	F2	F3	F4	F5	F6
Algebra	Calc	Other	PrgmIO	Clear	a-z...

ERROR

Too few arguments

(ESC=CANCEL)

solve(2x-5=0)

PROGRAM	RAD EXACT	FUNC 0/99
---------	-----------	-----------

39. Sur l'écran N°1, quelle est la commande qui a été effacée sur la première ligne ?

40. Sur l'écran N°1, interpréter le message obtenu sur la ligne N°3 (en face de f(5)).

41. Sur l'écran N°1, interpréter la dernière ligne de la zone d'affichage.

42. Sur l'écran N°2, que faut-il taper pour que la commande Solve soit exécutée ?

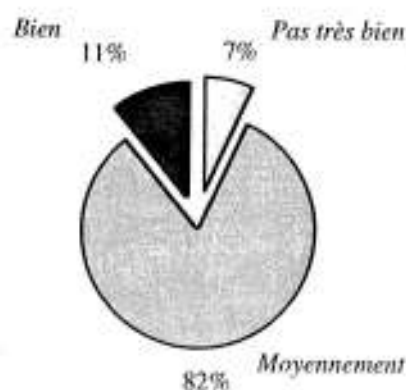
2. RESULTATS DU QUESTIONNAIRE

Lors de la passation de ce questionnaire, deux élèves étaient absentes.

Appropriation de la TI 92 (questions 6 à 9)

Une grosse majorité d'élèves (23 élèves) estime se débrouiller moyennement avec la TI 92, comme l'indiquent les réponses à la question 6 :

Actuellement, estimez-vous vous débrouiller avec la TI 92 :



Pas très bien **2** Moyennement **23** Bien **3**

La question 7 avait pour objectif de connaître les fonctionnalités qui ont été découvertes seules par les élèves. Les réponses à cette question font apparaître une grande variété. On observe en particulier que de nombreuses fonctionnalités, qui ont été étudiées par la suite en classe, ont été

auparavant découvertes par les élèves. Rappelons que ces derniers ont eu la calculatrice et des documents d'accompagnement à leur disposition pendant les vacances de Noël avant toute intervention de l'enseignant.

Les réponses à cette question ont été classées suivant l'application concernée et, dans chaque application, de la réponse la moins précise à la plus précise :

Application Algebra (25 élèves)

Parmi ces réponses :

- *Les calculs formels et systèmes.*
- *Résoudre des expressions.*
- *Factorisés, développés, etc.*
- *Vérification d'équations* (2 élèves).
- *Systèmes d'équations* (6 élèves).
- *Equation de droites.*
- *Solve, factor, expand, approx, comDenom.*
- *Expand, factor, comDenom* (2 élèves).
- *ComDenom.*
- *Factor* (2 élèves).
- *Expand* (2 élèves).
- *Définir une fonction* (2 élèves).

Application graph (21 élèves)

Parmi ces réponses, seuls deux élèves précisent :

- *Courbe (avec le lieu).*
- *Value.*

Application geometry (17 élèves)

Parmi ces réponses, seul un élève précise :

- *Recueil de données dans géométrie.*

Application Text Editor (6 élèves)

Application Tableur (2 élèves)

Un élève précise :

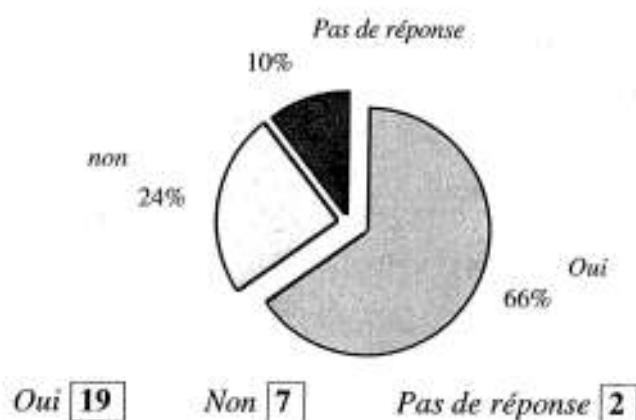
- *Statistiques.*

Application Programmation (1 élève)

En ce qui concerne l'ordre des fonctionnalités citées par chaque élève, dans la première réponse l'application Graph est la plus souvent citée (9 élèves), suivie par l'application initiale (5 élèves) et l'application Geometry (4 élèves).

Une majorité d'élèves déclare avoir rencontré des difficultés pour apprendre à utiliser la TI 92 (question 8) :

Avez-vous rencontré des difficultés pour apprendre à utiliser la TI 92 :



Dans les réponses à la question suivante, où l'on demandait aux élèves de préciser ces difficultés, nous pouvons distinguer plusieurs catégories :

La grande diversité des menus (4 élèves)

- Pour aller chercher des menus dans les fichiers car il y en a tellement que j'oublie.
- A retenir à quoi servent toutes les fonctions des différents menus.
- Pour aller dans les menus.
- Connaître les fonctions de la TI 92

Le fenêtrage (4 élèves)

- Pour faire un repère, j'ai du mal à choisir la bonne fenêtre dans l'application WINDOW.
- Mettre des fonctions, les sélectionner, choisir les fenêtres.
- Choisir la fenêtre dans window.
- Lors des zooms (au début).

Les messages d'erreur (4 élèves)

- Pour créer rien qu'un petit programme, je rencontre beaucoup de messages d'erreurs.
- Difficulté pour comprendre les messages d'erreurs.
- Quelques messages d'erreurs difficiles à interpréter donc à résoudre.

- Les nombreux messages d'erreurs.

La mémoire (3 élèves)

- Lorsqu'elle efface certaines choses.
- Lorsque la machine se bloque et que tout en mémoire s'efface. Lorsqu'il y a "memory".
- Memory.

La géométrie (3 élèves)

- Mettre des points sur une figure.
- Dans l'application géométrie, j'ai eu et j'ai encore du mal à construire les figures.
- Pouvoir rentrer des données particulières dans diamant ¹.

La maîtrise des fonctionnalités (2 élèves)

- Pour appliquer certaines fonctions.
- Et surtout savoir les utiliser sans faire d'erreur.

Le mode (1 élève)

- Choisir le mode le plus utile pour l'algèbre.

Autre

- Pour arriver à résoudre un système d'équations, avec la machine.

Utilisation des documents (questions 10 à 14)

Une majorité d'élèves (21) déclare consulter parfois les documents distribués par le professeur (question 10) :

Jamais **2**

Parfois **21**

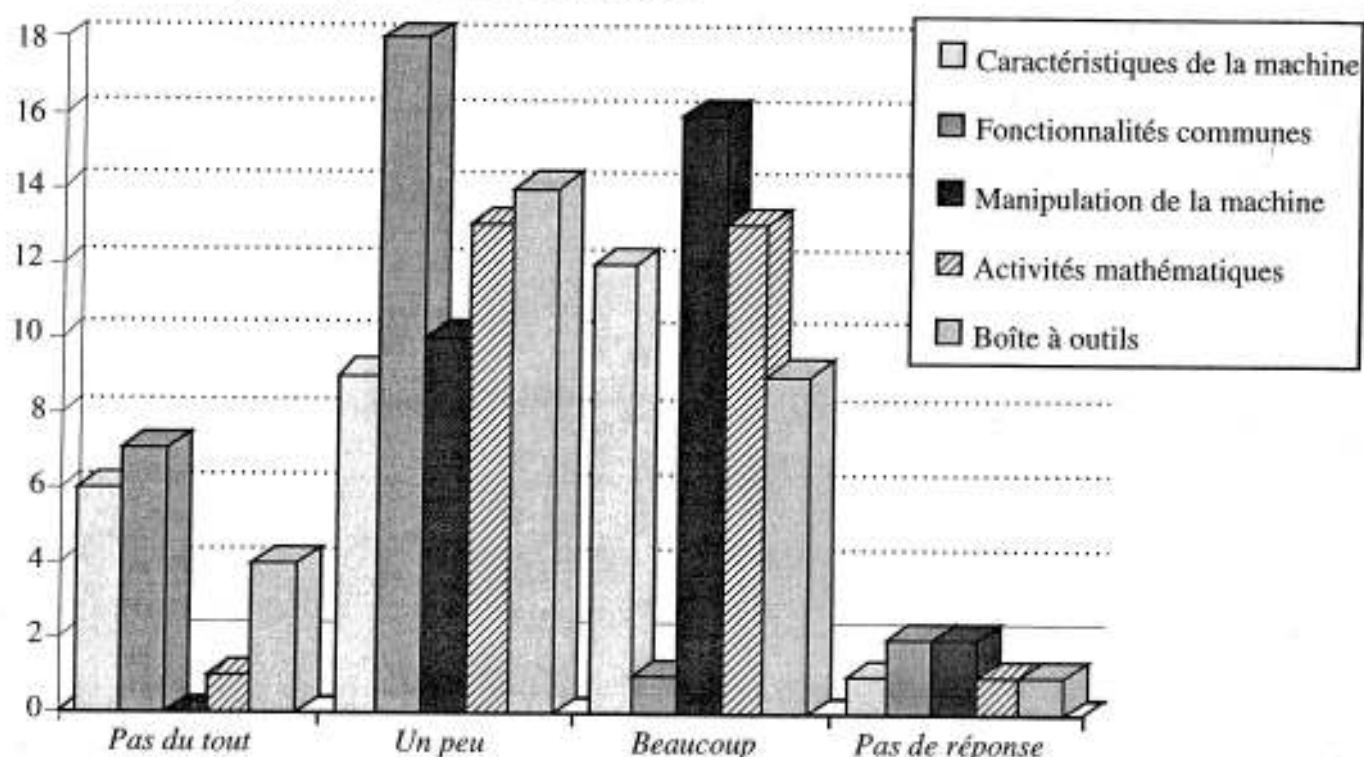
Souvent **5**

Les réponses à la question suivante, destinées à préciser les types de documents les plus utilisés par les élèves, donnent une image sensiblement différente. En effet, si l'on compare les réponses aux questions 10 et 11, on peut remarquer qu'un nombre important d'élèves, après avoir dit utiliser parfois (et non souvent) les documents, répondent qu'ils utilisent beaucoup les fiches manipulations, activités mathématiques et caractéristiques. Il semble que, face à des questions plus précises, les élèves réagissent différemment.

¹ Le recueil des coordonnées d'un point dans le tableur.

	<i>Pas du tout</i>	<i>Un peu</i>	<i>Beaucoup</i>	<i>Pas de réponse</i>
Caractéristiques de la machine	6	9	12	1
Fonctionnalités communes	7	18	1	2
Manipulations de la machine	0	10	16	2
Activités mathématiques	1	13	13	1
Boîte à outils	4	14	9	1

Précisez les parties qui vous ont été le plus utiles



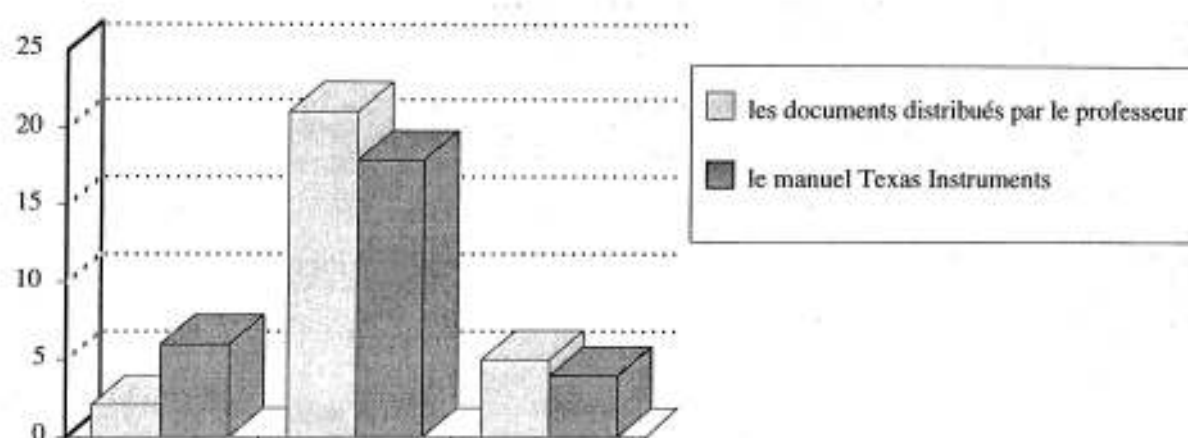
La moitié des élèves a complété ces documents (question 12), ce qui semble indiquer une volonté de les consulter assez régulièrement.

L'utilisation du manuel Texas apparaît assez complémentaire puisque 18 élèves l'utilisent parfois (question 13) :

Jamais **6** Parfois **18** Souvent **4**

Si l'on compare les résultats des questions 10 et 13, seulement quatre élèves utilisent plus le manuel Texas que les documents distribués par le professeur, seize élèves utilisent les deux types de documents avec la même fréquence et huit élèves utilisent plus fréquemment les documents du professeur. Il faudrait sans doute réajuster cette comparaison avec les réponses de la question 11 qui indiquent une utilisation plus fréquente des documents du professeur. Cependant, si les élèves utilisent sensiblement plus ces documents, ceux-ci n'ont pas remplacé le manuel Texas.

Consultez-vous :



Les réponses à la question suivante permettent d'avoir une idée des rubriques consultées :

Application Geometry (10 élèves)

Les messages d'erreur (7 élèves)

Seul un élève précise :

- *Pour débloquer la machine et si la machine dit "memory".*

Application Graph (6 élèves)

Application Initiale (5 élèves)

3D (2 élèves)

Partie exemples (2 élèves)

Systèmes (1 élève)

Partie erreurs et solutions (1 élève)

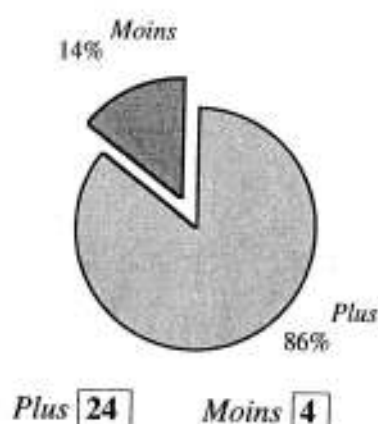
Text Editor (1 élève)

Il faut signaler que la partie la plus consultée (qui est celle de la géométrie) était peu présente dans les documents du professeur, puisque le seul document portant sur l'application Geometry était une traduction des menus de cette application.

Comparaison avec l'ancienne calculatrice (questions 15 à 19)

Les élèves de cette classe ont la TI 92 à disposition depuis trois mois, ils l'utilisent, pour une grosse majorité, plus que leur ancienne calculatrice (question 15) ; cet état de fait semble donc refléter une relative aisance avec ce nouvel outil.

Utilisez-vous la Ti 92 plus ou moins que votre calculatrice habituelle :



Les réponses à la question suivante (question 16) éclairent ce résultat, puisqu'elles traduisent un consensus général sur le fait que la TI 92 apporte quelque chose de nouveau, même pour les quatre élèves qui l'utilisent moins que leur ancienne calculatrice. L'on retrouve ici en bonne place les trois applications découvertes en priorité par les élèves (Geometry, Graph et Application initiale).

- La partie géométrique, et toutes les possibilités de la partie algébrique.
- La géométrie et les graphiques sur calculatrice.
- Les graphiques, les figures géométriques.
- La géométrie, les graphiques, la résolution de calculs difficiles.
- Que je puisse faire des figures mais aussi des graphiques mais aussi écrire des textes.
- Les parties géométrie, graphique, l'affichage du calcul demandé, et la programmation d'un texte.
- Les fonctions, les graphiques, les équations, développer, factoriser.
- La géométrie et les graphiques sur calculette et les nombreuses touches du "clavier".
- L'affichage du calcul. Les résultats qui peuvent être exacts ou approchés, ainsi que l'application géométrie.
- Pouvoir calculer exactement - approximativement, tracer des courbes.
- Les graphismes, la possibilité de faire des figures de géométrie.
- La géométrie, les différentes façons de résoudre une expression (solve, expand...).
- Les graphiques, les courbes, le calcul tapé avec le résultat en face, les menus et sous-menus.
- Vraiment tout car sur l'ancienne on ne pouvait faire que des calculs plus ou moins simples et cela je pense ne représente que 1/100 des possibilités de la TI 92.
- Plus de fonctions.
- Le résultat des Calculs, les fonctions, le calcul effectué toujours écrit, les résultats simplifiés.
- La géométrie, et, les graphiques.
- Plus de boutons, de fonctions, on peut voir les calculs que l'on a tapés.
- Que la calculatrice puisse résoudre des équations ; fonction graphique : on a juste à entrer l'équation.
- Tout, sauf les calculs simples.
- La géométrie et tous ces menus.

- Toutes les nouvelles fonctions, sauf les calculs simples, que l'on peut faire avec une calculatrice simple.
- Le tracé de courbe ; résolution des systèmes, le choix entre mode exact ou approximatif, graphique, grande mémoire.
- La partie géométrie, la partie graphique, les résolutions d'équations, systèmes d'équations, factorisation, développement etc...
- Geometry, text editor. La partie algébrique avec (factor, comDenom, expand) mais aussi graphique avec (value, minimum).
- Mode géométrie, systèmes d'équations et plusieurs inconnues, résultat sous forme exacte.
- Résoudre les équations avec la TI 92. Le clavier pour faire des textes, la géométrie pour les figures (tout ce qui est hors des calculs).
- L'application géométrie, les graphiques, les calculs vectoriels, calculs sur les longs nombres.

En dehors des nouvelles fonctionnalités, plusieurs élèves ont été sensibles au fait que le résultat tapé s'affiche, élément important pour le contrôle. L'on peut également noter dans quelques réponses une mention explicite des possibilités de calcul exact et approché. Ces deux points ne relèvent pas d'un premier contact avec la machine et traduisent une prise de conscience qui est sans doute plutôt le résultat du travail réalisé en classe durant ces trois mois au cours des TP.

Dans ce que les élèves aiment le moins sur la TI 92 (question 17), l'on peut distinguer différentes catégories dans les inconvénients mentionnés :

Complexité des calculs simples

- C'est un peu compliqué pour faire des petits calculs.
- Trop complexe pour des petits calculs.
- Il n'y a qu'une seule chose : quand on veut faire de simples calculs, on n'a pas toujours le résultat obtenu il nous faut passer dans mode et ça nous retarde un peu.
- Pour faire un calcul c'est plus long, plus de temps.
- Quand on veut s'en servir (en Physique ou autre) pour avoir le résultat en valeur approchée, il faut appuyer sur la touche diamant puis ENTER car le résultat est autrement écrit sous forme de fraction.
- Le temps qu'il faut pour taper une opération bénigne ; sur l'ancienne calculette les chiffres occupaient une place beaucoup plus importante ou pour taper une opération comprenant des inconnues.
- Réaliser des calculs simples car il faut que je choisisse un menu.

La taille de la machine

- La taille de la machine (3 élèves).
- Rien à part la grosseur de la machine. Elle prend trop de place dans le sac.
- Les dimensions de la calculatrice (trop encombrante).
- Tient beaucoup de place dans le sac à dos.

Calcul non effectué

- Si je tape un calcul, que je n'aie dans aucun sous-menu, la calculatrice me redonne très souvent le calcul tel qu'il est.
- On ne sait pas si elle pourra faire le calcul.
- Quelquefois, la TI nous donne comme résultat le calcul tapé.
- Quand elle ne sait pas résoudre, elle remet le même texte qu'on a tapé.

Difficulté de prévoir le résultat

- Que la touche "enter" marque n'importe quoi (on ne peut pas prévoir le résultat donné).
- On ne sait pas ce qu'elle va nous donner comme résultat.
- On ne peut pas prévoir exactement ce qu'elle va nous donner avec ENTER pour un résultat.
- avec la touche "Enter", on ne sait jamais ce qu'elle va répondre.

Rien

- Rien (3 élèves).
- Rien, tout est mieux.

Non réponses : 5 élèves

Piles

- Les piles qu'il faut changer plus souvent.

Lenteur

- Pour les figures géométriques, c'est trop lent.

Ergonomie des touches

- Je pense qu'il aurait été bien qu'il y ait une touche "x" et "y" à proximité des chiffres.

Outre la taille de la machine, il est intéressant de noter que sept élèves trouvent la TI 92 trop complexe pour des "petits calculs". Certains élèves supportent mal que le calcul ne soit pas toujours effectué ou que l'on ne puisse pas toujours prévoir "ce qu'elle va répondre". Ici encore l'on peut voir le résultat du travail réalisé en classe durant ces trois mois au cours des TP.

Parmi ce que les élèves préfèrent sur la TI 92 (question 18), l'on peut distinguer différents types de réponses :

Nouvelles possibilités :

- Les possibilités nouvelles qu'elle offre.

- On a plus de possibilités de travail qu'avec une calculatrice simple.
 - L'aspect Découverte que cette calculatrice procure.
 - Car sur l'ancienne on ne pouvait faire que des calculs plus ou moins simples cela je pense ne représente que 1/100 des possibilités de la TI 92.
 - Plus de possibilité (courbe, équation).
 - On peut faire de la géométrie, tracer des courbes et il y a des fichiers.
- Tout ce que peut effectuer la machine : les différentes fonctions, la géométrie, les graphiques...
- De pouvoir construire des courbes, des figures de géométrie.
- Toutes les résolutions de calculs (factor, solve...). Graphique, 3D, texte, Window, Geometry.
- La partie géométrie, la partie graphique, les résolutions d'équations, systèmes d'équations, factorisation, développement etc...

Graph

- La partie graphique.
- Les fonctions qu'on peut représenter sur le graphique.
- La possibilité de faire des graphiques.
- Tracer les courbes, plusieurs à la fois.
- Fonction graphique (courbe, figure).
- Fonction graphique.

Tout

- Tout (3 élèves).
- Vraiment tout (car sur l'ancienne on ne pouvait faire que des calculs plus ou moins simples).
- Tout sauf les résultats donnés sous forme de fraction.

Calcul exact / approché

- Valeurs approchées, exactes et automatiques.
- On peut tout taper et avoir un résultat immédiat approché ou exact tandis qu'avec les petites, les résultats sont souvent faux.
- Les courbes sont plus précises, les résultats exacts.
- La précision dans les résultats.
- La facilité de faire les calculs et leur résultat qui peuvent être exacts.

Plus de mémorisation

- Elle permet de mémoriser beaucoup de calculs et de fonctions.
- Une importante mémorisation.
- Plus de mémorisation.
- Une mémoire plus importante.

Vérification

- *Les figures géométriques ainsi que les graphiques permettent de faire des vérifications des réponses trouvées.*
- *On peut mieux vérifier nos résultats, équations.*

Visualisation de ce que l'on tape

- *Avec la TI 92, je vois le calcul que je pose.*
- *On peut voir nos calculs si on ne s'est pas trompé ou oublié une parenthèse.*

Application initiale

- *Les fonctionnalités pour résoudre une expression.*
- *Les équations.*

Traitement de texte

- *On peut écrire.*

Rapidité

- *Plus rapide, pour les fonctions et les courbes.*

L'on retrouve ici en grande partie les réponses données à la question 16 : outre les nouvelles possibilités de la calculatrice, l'application "graph" se distingue parmi les autres applications ; il faut dire que seulement un élève auparavant avait une calculatrice graphique (cf. questionnaire 1). L'application "geometry" est par contre moins citée. L'on retrouve également le fait mentionné ci-dessus : certains élèves relèvent la distinction calcul exact / approché et la possibilité de voir ce que l'on tape.

La question suivante avait pour objectif d'essayer de préciser les points les plus appréciés par les élèves dans la TI 92. Parmi les réponses, nous pouvons remarquer qu'une majorité des élèves cite plusieurs applications ou possibilités :

Mentions de plusieurs applications

- *Applications : Y=, géométrie, algebra, text editor.*
- *Géométrie, Y=, textes, factorisation, développement.*
- *Géométrie, algèbre, graphique.*
- *Le 3 Dimensions (c'est joli), la partie "fonction" et la partie traitement de textes.*
- *Dans cette machine j'adore la géométrie, surtout la création de courbe (application y= et graph).*
- *La programmation, les graphiques.*
- *Graphique et la 3D.*
- *La géométrie, les graphiques.*

- L'application géométrie mais aussi "text editor" qui me permet de faire des textes qui restent en mémoire.
- Application graphique, équations.
- La fonction graphique et géométrie.
- Geometry et 3D.
- Applications géométrie, fonction, $y =$.
- Les textes et la fonction graphique.

Nouvelles possibilités

- La facilité de faire les calculs et leur résultat qui peuvent être exacts. Les fonctions qu'on peut représenter sur le graphique.
- La possibilité de pouvoir vérifier rapidement tout ce qui a pu être fait auparavant.
- Il y a 2 choses vraiment bien. Une dans les calculs quand on a des racines avec des fractions et tout et tout et plus besoin de s'arracher les cheveux : le résultat est là directement et l'autre dans la géométrie-graphique c'est fascinant.

Variété des applications

- La multiplicité des fonctions, applications, etc.. le nombre de possibilités offertes.
- Ce qui me plaît le plus dans cette machine, c'est les nombreuses choses qu'elle fait.

Les fonctionnalités (2 élèves)

Graph

- J'aime bien la fonction graphique car on gagne beaucoup de temps.
- Les graphiques, de plus on peut s'amuser avec des menus qui colorent les courbes.

Geometry (2 élèves)

Les applications (1 élève)

Autres

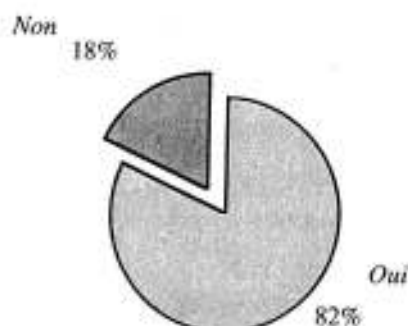
- C'est qu'elle ressemble à un petit ordinateur.

Les réponses à cette question semblent révéler que l'application "geometry" totalement nouvelle plaît beaucoup (même si elle a été, pour l'instant, peu abordée en classe). L'on peut émettre l'hypothèse que c'est parce qu'elle est totalement nouvelle qu'elle n'a pas été mentionnée dans les réponses à la question précédente : en effet, étant totalement absente d'une calculatrice classique, la comparaison n'est pas possible.

Prise de conscience (questions 20 & 21)

La plupart des élèves (23) de cette classe affirment avoir été surpris par certains résultats de la TI 92 (Question 20).

Avez-vous été surpris par des résultats obtenus avec la TI 92 ?



Ces résultats sont à comparer à ceux recueillis au questionnaire précédent, dont les réponses (question 29) semblaient indiquer une surprise bien moindre. Cependant, rappelons que la question 30 du questionnaire précédent avait révélé une conscience des erreurs beaucoup plus importante. Les réponses à cette question incitaient à émettre l'hypothèse que les élèves avaient déjà intégré, au moment du premier questionnaire, cette possibilité d'erreurs. En ce qui concerne la TI 92, la situation est différente parce que, contrairement à l'ancienne calculatrice, nous n'avons pas pu prendre en défaut, du moins au niveau seconde, la TI 92 sur des erreurs éventuelles. Voici les réponses données à la question 21, où il était demandé aux élèves de donner un exemple qui avait provoqué leur surprise :

Calcul non effectué

- La calculatrice ne sait pas faire tous les calculs.
- Lors des TP sur les calculs numériques car parfois la machine ne sait pas répondre.
- Parfois, quand on demandait à la machine de développer ou de factoriser, la machine ne savait pas répondre mais aussi elle ne savait pas répondre pour déterminer le signe d'une expression avec des "x".
- Affichage du résultat comme "No result" avec l'énoncé inscrit à côté.
- Quelques fois en tapant une expression, la calculatrice redonne celle-ci en résultat. C'est gênant.
- Lorsqu'on a tapé un calcul à développer, elle nous a donné le même résultat que le calcul tapé.
- Parfois elle ne sait pas répondre, donc elle remet le même texte ou elle répond n'importe quoi.
- Qu'elle transforme l'application initiale quand elle ne sait pas calculer.
- Quand elle ne sait pas répondre, elle remarque l'énoncé donné.

Résultats surprenants

- Résultats de calculs très complexes avec certaines fonctions.
- Donne les résultats de calculs complexes.

- Des petits calculs, genre $2/3$, la TI ne les calcule pas, les laisse sous forme de fraction.
- Résultats avec des racines, résolution d'équations.
- Elle donne dans certaines situations un dénominateur factorisé et un numérateur développé.
- Résultats sous forme de fractions, développement.
- Elle peut donner des résultats faux avec la touche ENTER.

Factorisation-développement

- Quand les expressions factorisées sont développées puis refactorisées et que la factorisation initiale et la factorisation finale sont différentes.
- Lorsqu'on donne à développer une expression factorisée, puis que l'on redemande la factorisation, on n'obtient pas la même.
- Quand par exemple, dans le mode normal quand on développe une factorisation et le résultat obtenu on le factorise, on n'obtient pas toujours la même factorisation qu'au début.
- Par exemple lorsqu'on rentre une expression factorisée, qu'on demande à la machine de la développer puis de la refactoriser, la TI 92 ne donne pas toujours l'expression initiale.

Messages d'erreur surprenants

- Messages d'erreurs. (2 élèves).
- Certains messages d'erreurs (overflow).

Autres

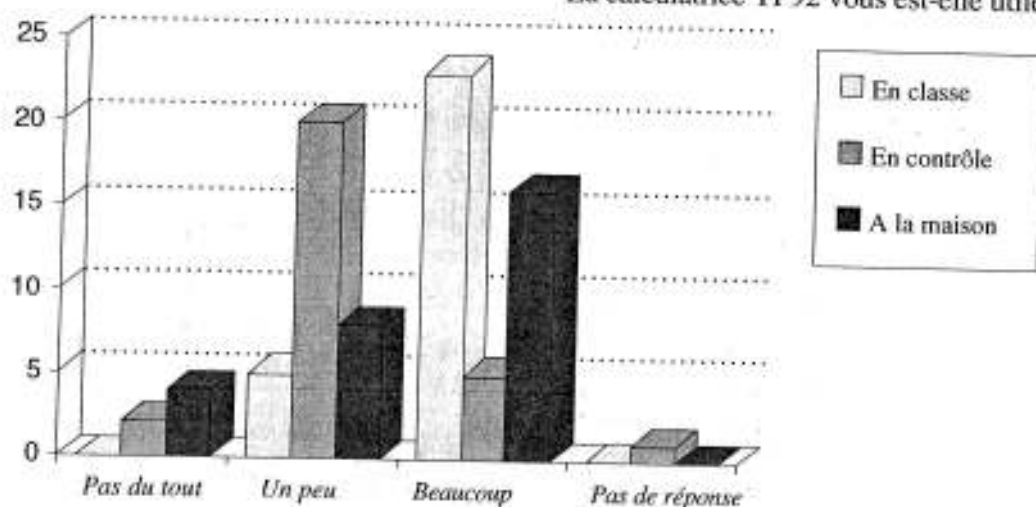
- Lors des TP sur les calculs numériques
- Construction des courbes juste en donnant les fonctions,
- Elle nous guide en affichant des messages d'erreurs.

Ces réponses mettent en évidence que le fait le plus surprenant pour les élèves est que la TI 92 ne fournisse pas toujours un résultat. En effet, ils ont été plutôt habitués avec leur ancienne calculatrice à obtenir un résultat faux : pas de résultat est plus surprenant qu'un résultat faux (cf. questions 29 & 30 du premier questionnaire)! Ils sont aussi souvent surpris par la forme du résultat quand le calcul est effectué. Enfin, l'étonnement ressenti lors du TP 3 sur les fonctionnalités *Factor* et *Expand* a été relativement important puisque, plusieurs semaines après, il est encore vivace...

Utilisation de la calculatrice (questions 22 à 24)

Ces questions ont pour objectif de comparer l'utilisation par les élèves de la TI 92 et celle, l'année précédente, de leur ancienne calculatrice (cf. questions 13 & 14 du premier questionnaire).

La calculatrice TI 92 vous est-elle utile :



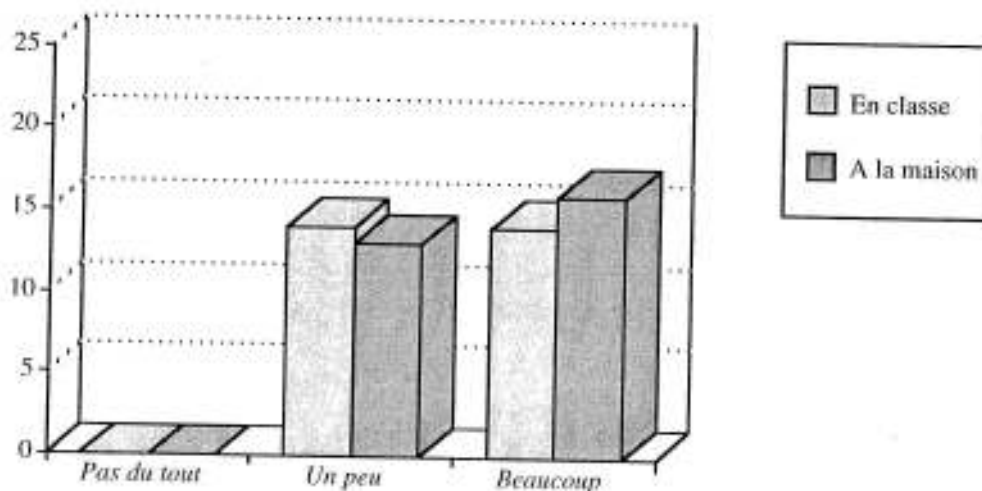
	<i>Pas du tout</i>	<i>Un peu</i>	<i>Beaucoup</i>
22. En classe	0	5	23
23. En contrôle	2	20	5
24. A la maison	4	8	16

(un élève n'a pas répondu à la question 23)

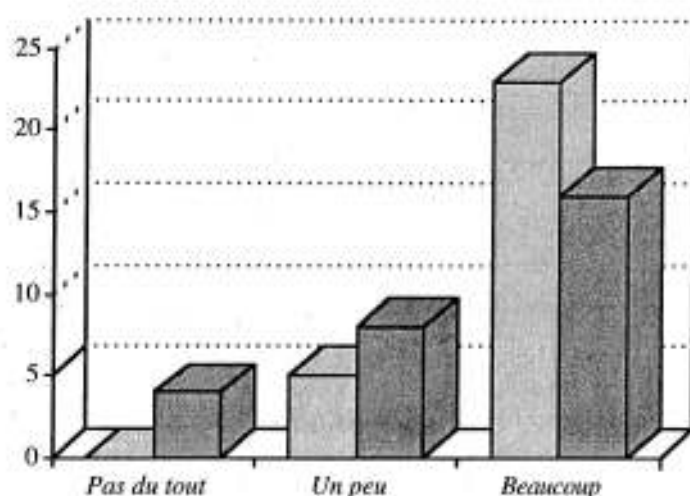
Les élèves utilisent nettement plus la TI 92 en classe, ce qui n'est guère surprenant, puisqu'ils y sont fortement encouragés au cours des TP. L'utilisation à la maison est relativement comparable à celle de l'ancienne calculatrice, à part le fait que 4 élèves n'utilisent jamais chez eux la TI 92. Ces résultats peuvent paraître étonnants, compte-tenu de la récente prise en main par les élèves de la TI 92 et des difficultés d'appropriation signalées par un grand nombre d'élèves (question 6 : 82% estiment se débrouiller moyennement avec la TI 92). En fait, malgré les difficultés rencontrées, pour la grande majorité des élèves, ils utilisent plus la TI 92 (question 15) et la préfèrent (sauf pour les "calculs simples") à leur ancienne calculatrice.

La calculatrice TI 92 vous est-elle utile ?

Questionnaire 1



Questionnaire 2



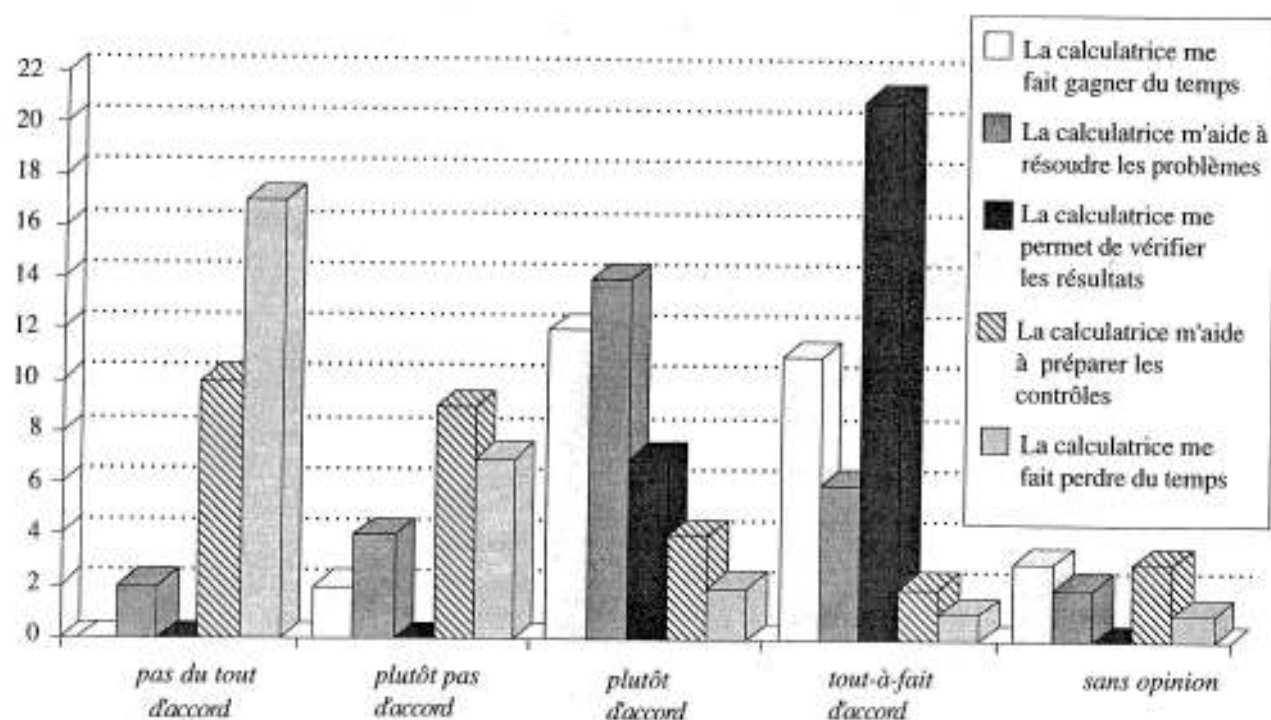
Il faut cependant noter qu'ils utilisent nettement moins la TI 92 en contrôle, cependant l'avis sur la pertinence de l'usage de la calculatrice au contrôle était déjà assez mitigé puisque 18 élèves avaient répondu : *cela dépend* (question 43 du premier questionnaire). Il semble, qu'à ce stade, lors des contrôles, le manque d'appropriation de la TI 92 est un facteur non négligeable.

En outre, le contrat concernant les contrôles n'a pas été défini clairement sauf en fin d'année scolaire. En effet, les contrôles effectués n'ont pas été conçus (sauf un) en fonction des calculatrices. D'autre part, ces dernières ont été utilisées dans le cadre de la recherche de problèmes en TP, ce qui est différent du type d'utilisation en contrôle. Il apparaît clairement qu'utiliser la machine de manière autonome pour valider les résultats n'est pas une démarche naturelle pour de nombreux élèves. L'appropriation de la machine ne suffit pas : il serait souhaitable de développer chez les élèves des stratégies de validation des résultats (cette activité de validation étant, par ailleurs, relativement indépendante des démonstrations exigées par l'enseignant).

Opinion sur l'utilité (questions 25 à 36)

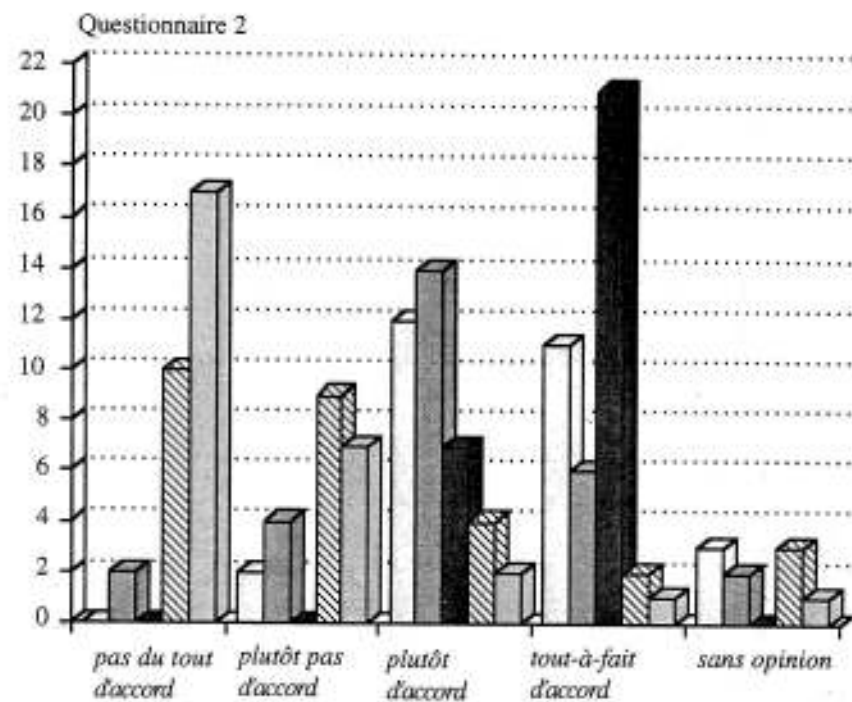
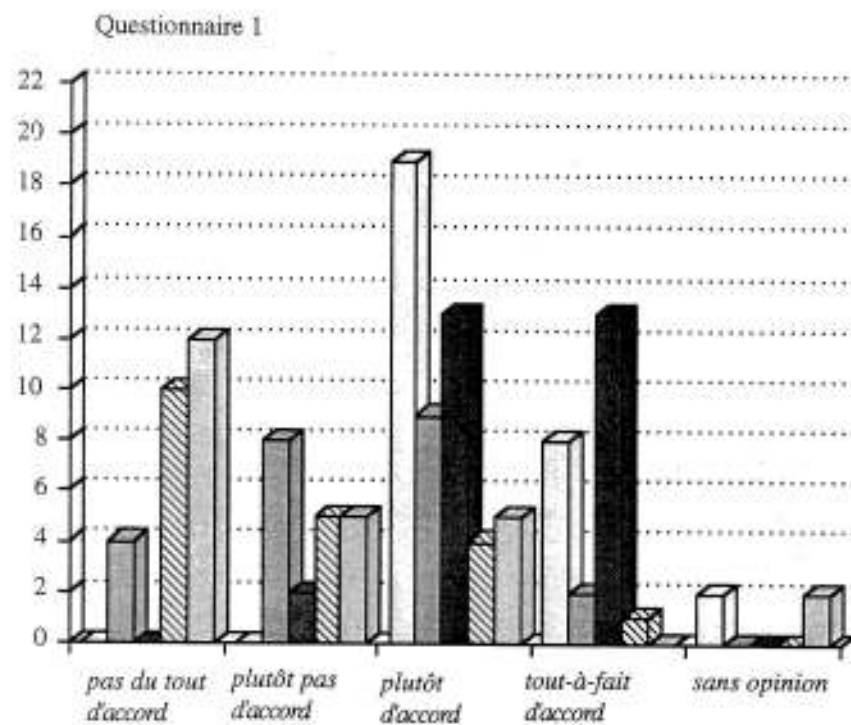
Ces questions ont pour objectif d'identifier une éventuelle évolution des opinions sur l'utilité de la calculatrice :

Pensez-vous que :



	<i>pas du tout d'accord</i>	<i>plutôt pas d'accord</i>	<i>plutôt d'accord</i>	<i>tout-à-fait d'accord</i>	<i>sans opinion</i>
25. la calculatrice me fait gagner du temps	0	2	12	11	3
26. la calculatrice m'aide à résoudre les problèmes	2	4	14	6	2
27. la calculatrice me permet de vérifier mes résultats	0	0	7	21	0
28. la calculatrice m'aide à préparer les contrôles	10	9	4	2	3
29. la calculatrice me fait perdre du temps	17	7	2	1	1

Pour l'affirmation *la calculatrice m'aide à préparer les contrôles*, les réponses sont aussi négatives que lors du premier questionnaire. En ce qui concerne l'affirmation *la calculatrice me fait gagner du temps*, on peut noter une petite opposition (2 élèves) qui n'existait pas auparavant, peut-être due à l'utilisation plus problématique de la TI 92. Par contre, c'est par rapport à l'affirmation *la calculatrice m'aide à résoudre les problèmes* que les réponses ont le plus évolué, puisque six élèves seulement (contre 18 au premier questionnaire) ont encore un avis négatif. Il est vraisemblable que cette évolution est la conséquence du travail réalisé lors des différents TP.



□ La calculatrice me fait gagner du temps

■ La calculatrice m'aide à résoudre mes problèmes

■ La calculatrice me permet de vérifier mes résultats

▨ La calculatrice m'aide à préparer mes contrôles

■ La calculatrice me fait perdre du temps

Enfin, à propos de l'affirmation *la calculatrice me permet de vérifier mes résultats*, l'opinion générale est encore plus positive que lors du premier questionnaire, il semble que, malgré tous les résultats surprenants de la calculatrice (questions 20 & 21), son rôle dans la vérification est unanimement reconnu. En fait, il semble que par vérification, les élèves entendent vérification immédiate et non validation de résultats plus complexes, comme semble l'indiquer la faible utilisation en contrôle.

Dans le premier questionnaire, dix-sept élèves (question 56) pensaient qu'un ordinateur pouvait être utile pour apprendre des mathématiques, et les réponses à la question suivante avaient révélé une opposition assez forte des autres élèves. Avec la TI 92, 21 élèves déclarent qu'elle les a aidé à comprendre une notion mathématique (question 30) :

La TI 92 vous a-t-elle aidé à comprendre les mathématiques :



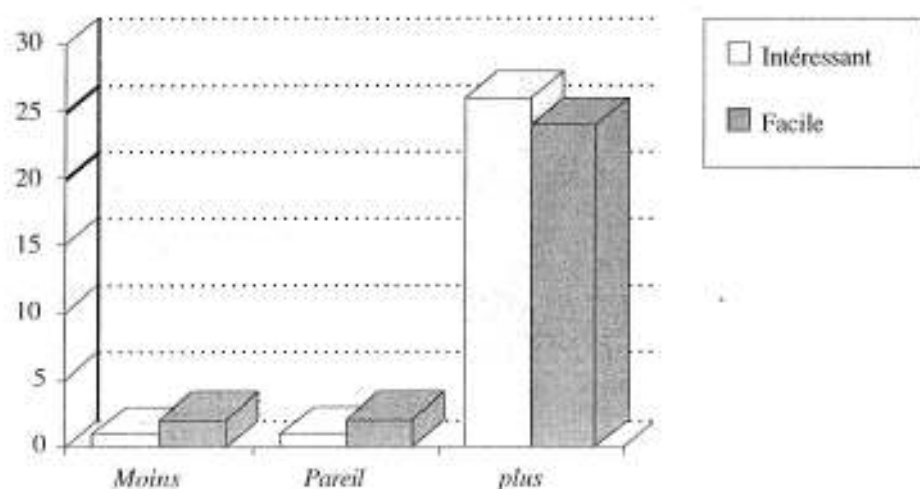
Tous les élèves qui ont répondu par l'affirmative sont capables de préciser, et les exemples fournis mettent en évidence très majoritairement la notion de fonction et le signe d'une expression. Ici encore l'on peut voir le résultat du travail réalisé en classe durant ces trois mois au cours des TP. Signalons que, pour le signe d'une expression (activité non décrite dans la seconde partie), les cadres graphiques et algébriques ont été sollicités (étude graphique du signe de $(x + 3)$, $(x - 4)$ et celle du produit $(x + 3)(x - 4)$). Il semble que cette présentation, où la TI 92 facilite l'interaction entre les deux cadres, a été appréciée des élèves.

- Les fonctions
- Pour mieux comprendre les fonctions et les tableaux de variation.
- Elle me permet d'anticiper certains résultats (forme des courbes).
- Les graphiques
- Les fonctions

- *Signe d'une expression ; les fonctions.*
- *Tout ce qui concerne la notion graphique.*
- *Notion de fonction croissante et décroissante.*
- *Quand la fonction est positive ou négative suivant le graphique.*
- *Signe d'une expression.*
- *Les signes d'une expression et les fonctions car les courbes représentées sont une vraie aide (puis il y a trace-value qui aide beaucoup).*
- *Signe d'une expression (courbe).*
- *Prévoir les réponses (forme des courbes...)*
- *Signe d'une expression.*
- *Equations de droites, factorisation et développement.*
- *Fonctions affines, signes d'une expression.*
- *$f(x)$. Fonction affine.*
- *Les tableaux de variation et les équations de droite.*
- *Les fonctions.*
- *Système d'équations, équation de droite (un peu).*
- *Les intervalles pour les fonctions, antécédents et images.*

Les réponses aux questions suivantes (32 à 35) font apparaître un consensus quasi général sur le fait que faire des mathématiques avec la TI 92 est plus intéressant et plus facile :

Faire des mathématiques avec la TI 92, c'est :



Moins intéressant **1** Pareil **1** Plus intéressant **26**

Moins facile **2** Pareil **2** Plus facile **24**

Quels sont les arguments donnés par les élèves ?

Moins intéressant

- *La machine peut calculer, faire gagner du temps (à la longue) mais elle est trop souvent utilisée à mauvais escient (en classe) : la machine ne laisse pas de place au raisonnement.*¹

Pareil

L'élève n'a pas précisé, notons cependant qu'elle avait répondu par l'affirmative en ce qui concerne l'aide à la compréhension de notions mathématiques.

Plus intéressant

- *Les cours sont plus vivants, on participe. On a un moyen de contrôle.*
- *Ainsi on a plusieurs façons d'aborder un problème.*
- *Cela nous permet de faire du travail manuel au lieu d'écrire tout le temps.*
- *Car on découvre énormément de choses.*
- *Elle me fait mieux comprendre des thèmes difficiles (fonctions...).*
- *On apprend un peu à se servir d'un ordinateur.*
- *Etant donné qu'elle a plein de fonctions, on découvre tous les jours d'autres parties nouvelles de la TI 92.*
- *Car on peut prévoir pour un tableau de variation...*
- *C'est plus intéressant car elle nous offre un moyen de contrôle et une vision à la fois graphique, géométrique et algébrique d'un problème.*
- *Avec la calculatrice, on peut discuter entre nous sur les problèmes car quelquefois, chacun a une solution différente.*
- *On apprend à se servir de la machine et à faire des graphiques, courbes, algèbre.*
- *Ça donne l'impression de faire des Maths avec un mini ordinateur et ça aide beaucoup à la compréhension.*
- *Graphique.*
- *Elle nous donne des résultats auxquels on ne s'attendait pas, on peut faire des dessins, des courbes, ...*
- *Aide à comprendre, et de mettre en application notre compréhension. Ça nous plonge vraiment dans les maths.*
- *Car c'est mieux de travailler sur la calculatrice tout en faisant des équations, des droites ...*
- *Par exemple quand nous utilisons des fonctions nous pouvons obtenir instantanément le minimum et le maximum.*
- *Créer les courbes avec une fonction donnée, étudier cette courbe.*
- *Pour la construction de courbes (minimum-maximum).*

¹ Commentaire du professeur : cet élève, atypique, intelligent, mais complètement asocial a été hostile, dès le début de l'année, à cette expérimentation. Il redouble sa seconde et considère que la calculatrice est inutile. Il faut admettre que, dans son cas, il n'a pas tort car son niveau lui permet d'aborder le programme de seconde sans difficulté.

- Elle permet de vérifier les résultats obtenus, on apprend des choses que l'on aurait peut-être pas sues sans cette machine.
- Contrôle des tableaux de variations avec les courbes.
- On comprend mieux. Par exemple avec les fonctions dans l'application graphique.
- Cela nous permet de construire tous types de courbes toutes différentes les unes des autres.
- Car il y a plus de solutions, c'est plus entraînant.
- On peut aller beaucoup plus loin dans les calculs.

Ces réponses sont très intéressantes par le fait qu'elles reprennent à leur compte les hypothèses qui sont à la base de cette expérimentation. Il est remarquable que les élèves explicitent d'eux-mêmes cette opinion seulement trois mois après le début de l'expérimentation : aide à la découverte, à l'anticipation, au contrôle, à la compréhension, mention de la possibilité de visualisation, rôle plus actif et meilleure interaction. L'on peut donc dire, que presque unanimement, ces caractéristiques qui relèvent d'une démarche plus expérimentale dans l'enseignement des mathématiques sont appréciées par les élèves de cette classe qui, rappelons-le, est une classe de seconde d'un niveau assez faible.

En ce qui concerne les explications sur la facilité de faire des mathématiques avec une TI 92, voici les précisions données :

Moins facile

- Il y a des choses compliquées à faire avec la TI (dessins géométriques).
- Pour quelqu'un n'approfondissant pas l'utilisation de la TI 92, c'est très difficile de faire des maths.

Pareil

- La TI 92 ne m'entraîne pas à l'utiliser, quand je veux savoir quelque chose de précis, je n'utilise pas la machine (trop compliquée), je ne l'utiliserais que par curiosité, par jeu et pas pour faire des maths.
- C'est à peu près pareil, à part qu'il y a plus de précisions pour les courbes que si on les fait à la main.

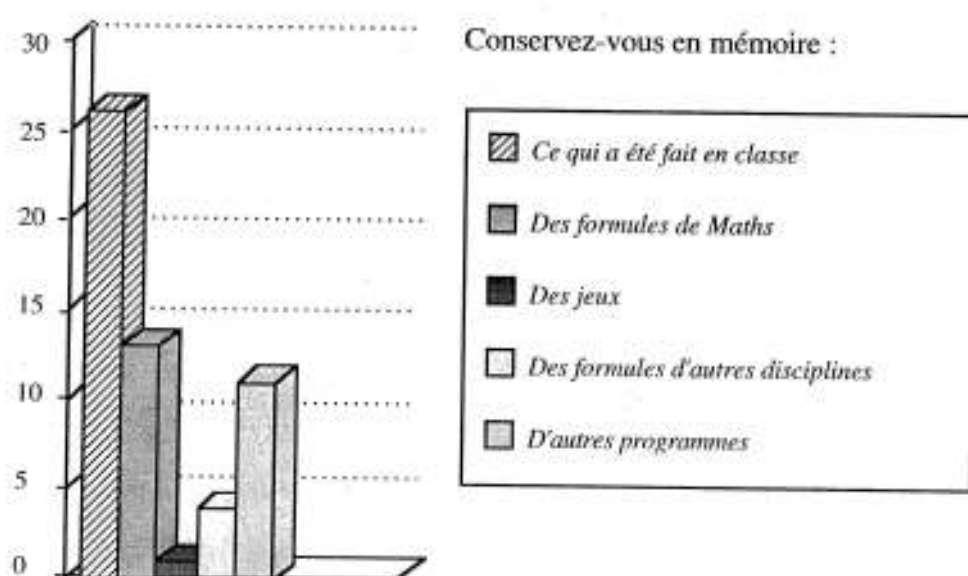
Plus facile

- Elle permet de vérifier des résultats obtenus.
- On va plus vite pour faire les calculs et on peut les vérifier.
- Ça nous aide à comprendre car on manipule nous-mêmes.
- Car elle permet de calculer plus facilement.
- Elle me permet de faire des vérifications de mes résultats.
- On n'a pas à tracer les fonctions à la main.
- Perd moins de temps, simplifie les calculs.
- Pour faire des calculs comme les équations de droites c'est plus rapide.

- Car elle permet de contrôler et vérifier les résultats obtenus.
- Dans les contrôles, on gagne un peu de temps et puis pour la géométrie et les graphiques, on a les dessins corrects.
- Aide à la compréhension.
- Vérification de résultat.
- Elle nous facilite les calculs, elle simplifie les résultats.
- Plus de précision pour les courbes et les dessins qu'à la main.
- Par exemple pour "signe d'une expression" on peut vérifier nos résultats en traçant la courbe.
- Plus rapide pour vérifier les résultats et pour faire les droites, les courbes...
- Cela nous permet de ne pas construire des courbes à la main ou de factoriser et développer à la main.
- Factorisation, développement et résolution d'équation plus facile et rapide.
- Parce qu'on a pas besoin de faire des calculs très longs (à la main)
- Développement, factorisation.
- La TI 92 nous permet de contrôler nos résultats.
- Elle nous évite de faire des calculs ou des courbes à la main.
- Vu qu'elle donne les solutions de certains calculs c'est plus rapide.
- On peut savoir le résultat avant de faire un calcul à la main.

Ces réponses confirment souvent celles données aux questions précédentes : faire des mathématiques avec la TI 92, c'est plus facile car l'on gagne du temps (on évite de faire les calculs et les graphes à la main), on peut vérifier, contrôler. Enfin, deux élèves mentionnent que c'est plus facile aussi parce que la TI 92 est une aide à la compréhension.

Les réponses à la question 36 font apparaître une évolution importante quant à l'utilisation de la calculatrice, puisque l'année précédente un seul élève (question 19 du premier questionnaire) entrait des formules ou des programmes dans sa calculatrice :



<i>Ce qui a été fait en classe</i>	26 élèves
<i>Des formules de Maths</i>	13 élèves
<i>Des jeux</i>	1 élève
<i>Des formules d'autres disciplines</i>	4 élèves
<i>D'autres programmes</i>	11 élèves

Une dizaine d'élèves a maintenant effectivement utilisé cette possibilité. Quelques autres utilisations des mémoires ont été signalées par les élèves :

- *Textes* (3 élèves)
- *Des fonctions faites chez moi, des textes écrits, des figures géométriques faites pour m'amuser.*
- *Des dessins faits dans le menu Géométrie*
- *Des programmes pour résoudre sans calculs des exercices du livre.*

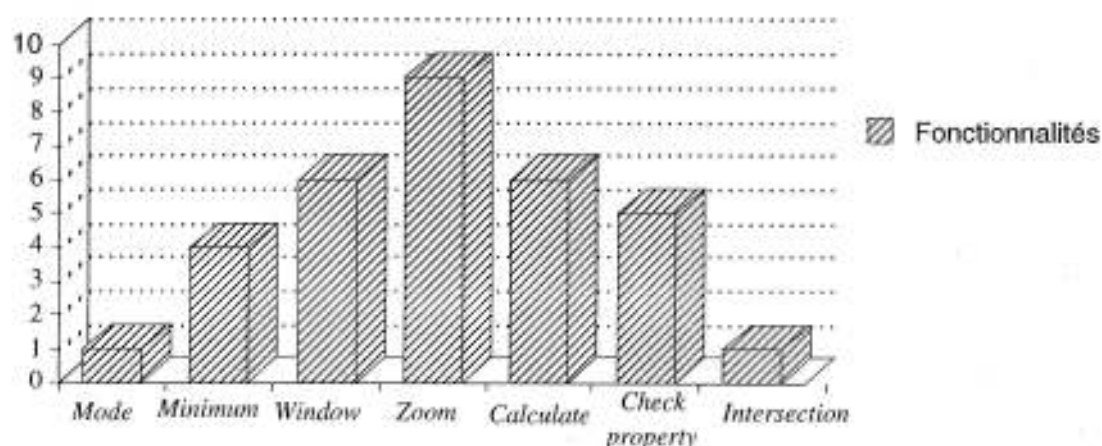
Il faut également noter que presque tous les élèves conservent une trace de ce qui a été fait en classe, ce qui confirme l'opinion émise précédemment sur l'intérêt de faire des mathématiques avec la TI 92.

Difficultés (questions 37 &38)

La question 37 avait pour objectif d'identifier les TP qui ont posé aux élèves le plus de problèmes. Il apparaît très clairement dans les réponses que ce sont les TP 4 (construction de figures géométriques) et 5 (fonctions) qui ont posé le plus de difficultés :

TP1 **3** TP3 **2** TP4 **12** TP5 **11**

En ce qui concerne les fonctionnalités, on retrouve essentiellement des difficultés dans le cadre des applications Geometry et Graph :



Mode **1** Minimum **4** Window **6** Zoom **9**
 Calculate **6** Check property **5** Intersection **1**

Il ne faut pas oublier qu'il s'agit des toutes premières séances d'appropriation de ces deux applications : ces difficultés n'ont donc rien de surprenant compte-tenu du fait qu'un seul élève avait l'année précédente une calculatrice graphique et qu'un seul élève également avait manipulé une ou deux fois Cabri (cf. premier questionnaire) !

Les réponses à la question 38 font apparaître que la moitié des élèves souhaiterait une information sur des fonctionnalités découvertes par eux-mêmes, mais non abordées en classe. L'on voit réapparaître en priorité les figures en 3 dimensions et le traitement de textes :

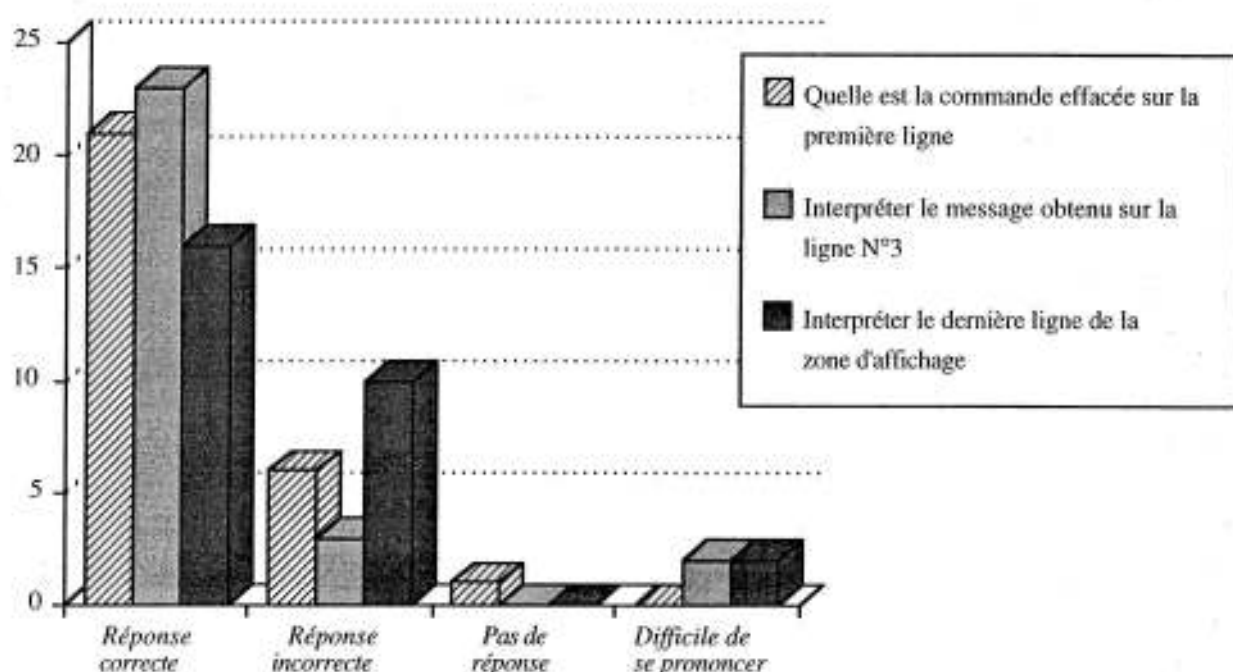
- *Les figures géométriques en 3D* (11 élèves)
- *Text-editor* (4 élèves)
- *Transmission d'une TI 92 à une autre TI 92* (2 élèves)
- *Var-link*
- *La résolution des systèmes avec la commande simult et le tableur.*
- *Systèmes d'équations*
- *Partie entière*
- *Valeur arrondie*
- *La fonction pour trouver le reste d'une division...*

Questions à partir d'une copie d'écran (questions 39 à 42)

Ces questions avaient pour objectif de tester un certain nombre de compétences concernant la lecture de l'écran de la TI 92. Pour la première question (question 39), il s'agissait, au vu de la comparaison de l'entrée et du résultat affiché à l'écran, de deviner la fonctionnalité correspondante appliquée (*Factor*) qui avait été effacée. Une réponse correcte à cette question indique d'une part la capacité à lire sur l'écran la donnée entrée et le résultat, d'autre part celle de reconnaître la fonctionnalité effacée. Vingt et un élèves ont répondu correctement à cette question, six élèves ont répondu incorrectement, un élève n'a pas répondu.

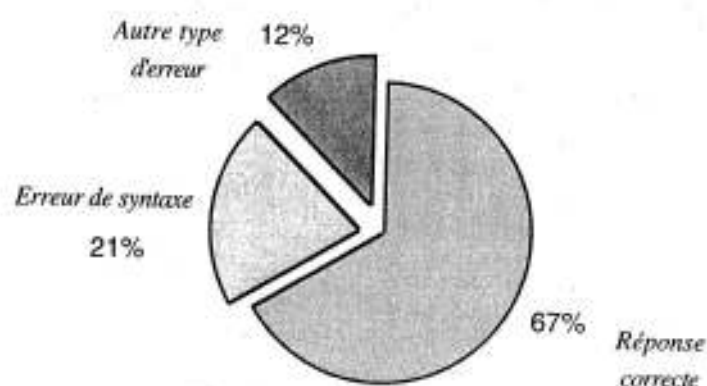
A la question 40, il s'agissait d'interpréter le message *Undef* après que l'expression $\frac{2x-3}{x-5}$ ait été entrée par la commande *Define*. Vingt-trois élèves ont répondu correctement en expliquant que la fonction n'était pas définie en $x = 5$, pour deux élèves il est difficile de se prononcer (traduction mot à mot) et trois élèves ont répondu incorrectement. Signalons cependant que le contexte machine semble jouer un rôle important puisque ces résultats sont fort différents de ceux observés par l'enseignant sur des questions portant sur la notion d'ensemble de définition : la formulation est ici fondamentale.

A la question 41, il s'agissait d'interpréter la réponse donnée en appliquant la commande *fmin* qui avait soulevé des difficultés en classe. Seize élèves identifient la réponse comme l'abscisse du point minimum sur la courbe, pour deux élèves il est difficile de se prononcer et dix ont répondu incorrectement. Il semble que l'utilisation de ce type de commande au début d'un enseignement sur les fonctions fait resurgir plusieurs difficultés parmi lesquelles : la distinction sur un graphique de l'abscisse et de l'ordonnée d'un point, la conversion d'un couple $(x, f(x))$ du registre algébrique vers le registre graphique et la conversion inverse, enfin la confusion entre le maximum d'une fonction et la valeur de x pour laquelle il est atteint. Ces difficultés sont mises en lumière lors de l'utilisation de la TI 92. Nous verrons qu'elles ont constitué un réel handicap pour certains élèves tout au long de l'année.



La question 42 visait à tester la réaction à l'affichage du message d'erreur *Too few arguments* provoqué par une erreur de syntaxe (oubli du " x ") relative à la commande *solve*. Seize élèves complètent correctement la dernière ligne et, parmi les 8 réponses incorrectes, 5 élèves ont commis une erreur de syntaxe dans leur réponse.

Sur l'écran N°2, que faut-il taper pour que la commande Solve soit exécutée



Ces premiers résultats indiquent un début de familiarisation avec ce nouvel outil .

Synthèse des résultats

Après trois mois d'utilisation de la nouvelle calculatrice, une grande majorité d'élèves de cette classe de seconde estime se débrouiller moyennement avec la TI 92, bien qu'ils aient rencontré des difficultés avec cette nouvelle calculatrice dues essentiellement à la grande diversité des menus, au fenêtrage et aux messages d'erreur.

Les élèves utilisent assez souvent les documents distribués par le professeur et, plus particulièrement, les fiches manipulations, activités mathématiques et caractéristiques. La moitié des élèves les a d'ailleurs complétés. Mais ces documents n'ont pas remplacé le manuel Texas puisque la plupart des élèves (sauf 6) le consulte également, même si cette utilisation paraît moins régulière.

Tous les élèves de cette classe sauf quatre utilisent plus la TI 92 que leur ancienne calculatrice. Ils sont unanimes pour dire qu'elle apporte du nouveau, surtout par les applications Graph, Geometry et l'application initiale (un seul élève possédait l'année dernière une calculatrice graphique). Ils regrettent que les calculs "simples" soient plus longs avec la TI 92, critiquent la taille de la machine et n'apprécient pas le fait qu'elle ne fournisse pas toujours un résultat. Ils notent également la difficulté de prévoir le résultat donné par la machine en réponse à un calcul.

Parmi les points positifs, ils mettent en avant les nouvelles possibilités dans les trois applications (initiale, Graph, Geometry), l'intérêt du calcul exact, de la vérification graphique et algébrique et la possibilité de voir à l'écran ce que l'on a tapé. L'application Geometry suscite un réel intérêt, même si elle a été peu abordée en classe. Les élèves ont été surpris essentiellement par le fait que la TI 92 ne donne pas systématiquement un résultat, par la forme des résultats, plus généralement par ses modes de calcul (développement puis factorisation, par exemple).

En fait, malgré les difficultés rencontrées, pour une grande majorité des élèves, ils utilisent plus leur TI 92 et la préfèrent (sauf pour les "calculs simples") à leur ancienne calculatrice. Il faut cependant noter qu'ils utilisent nettement moins la TI 92 en contrôle.

Leur opinion sur l'utilité de la calculatrice a surtout évolué, depuis le dernier questionnaire, en ce qui concerne l'aide à résoudre des problèmes et à comprendre une notion mathématique (fonctions, signe d'une expression). Ils trouvent, à l'exception de quatre élèves, que faire des mathématiques avec la TI 92 est plus facile et plus intéressant (aide à la découverte, à l'anticipation, au contrôle, à la compréhension, mention de la possibilité de visualisation, rôle plus actif et meilleure interaction). L'on note également une sauvegarde du travail réalisé et une utilisation des mémoires qui n'existait pas auparavant.

Les difficultés rencontrées concernent essentiellement les fonctionnalités des applications Geometry et Graph (ces élèves, à une exception près, n'avaient jamais manipulé Cabri ou une calculatrice graphique). Enfin, les questions relatives à l'interprétation d'une copie d'écran (après trois mois d'utilisation) indiquent un début de familiarisation à ce nouvel outil.

C LE QUESTIONNAIRE BILAN

I TEXTE DU QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE BILAN

1. Nom

2. Prénom

LA TI 92 ET VOUS

3. Depuis la fin du mois de décembre, vous avez participé à une expérimentation avec la TI 92. Quelle est globalement votre impression sur cette expérimentation ?

Très satisfait ☐ *Plutôt satisfait* ☐ *Plutôt insatisfait* ☐ *Très insatisfait* ☐

Si vous vouliez expliquer à un élève d'une autre classe ce que vous avez apprécié et ce que vous n'avez pas apprécié dans cette expérimentation, que lui diriez-vous ?

4. J'ai apprécié :

.....

.....

.....

5. Je n'ai pas apprécié :

.....

.....

.....

Que pensez-vous :

	<i>ennuyeux</i>	<i>inutile</i>	<i>intéressant</i>
6. du fait de travailler en groupe ?			
7. de l'activité de recherche en T.P. ?			
8. de la rédaction demandée par le professeur dans le cahier ?			

Quels adjectifs attribueriez-vous à votre comportement durant les TP :

	<i>beaucoup</i>	<i>un peu</i>	<i>pas du tout</i>
9. observateur ?			
10. scolaire ?			
11. expérimentateur ?			
12. bricoleur ?			
13. méthodique ?			

Jugez-vous que la calculatrice rétroprojetable :

	<i>beaucoup</i>	<i>un peu</i>	<i>pas du tout</i>
14. remplace avantageusement le tableau			
15. fait gagner du temps			
16. permet de mieux suivre les synthèses			
17. est inutile			
18. va trop vite			
19. c'est mieux quand le professeur écrit tout au tableau			

20. Avez-vous l'impression que si vous n'aviez pas eu cette calculatrice, vous auriez travaillé en mathématiques :

davantage ☐

à peu près autant ☐

moins ☐

21. Avez-vous l'impression que si vous n'aviez pas eu cette calculatrice, en mathématiques, vous auriez appris :

davantage ☐

à peu près autant ☐

moins ☐

22. Avez-vous l'impression que si vous n'aviez pas eu cette calculatrice, en mathématiques, vous auriez compris :

davantage ☐

à peu près autant ☐

moins ☐

23. Avez-vous l'impression que si vous n'aviez pas eu cette calculatrice, en mathématiques, vous auriez eu des résultats :

meilleurs ☐

à peu près identiques ☐

moins bons ☐

24. Que pensez-vous de l'utilisation de la calculatrice aux contrôles ? Etes-vous :

Pour ☐

Contre ☐

ça dépend ☐

25. Pourquoi ?.....
.....

26. Un élève d'une autre classe vous dit : "Avec la TI 92, même en étant nul en mathématiques, tu peux réussir tes contrôles". Que lui répondez-vous ?

27. Pouvez vous citer un exemple de situation où vous avez trouvé l'utilisation de la TI 92 très intéressante :

Expliquez pourquoi :

28. Pouvez-vous citer un exemple de situation où vous avez trouvé la TI 92 utile ?

Expliquez pourquoi :

29. Pouvez-vous citer un exemple de situation où vous avez trouvé la TI 92 inutile ?

Expliquez pourquoi :

30. Pouvez-vous citer un exemple de situation où vous avez trouvé la TI 92 gênante ?

Expliquez pourquoi :

Pour chacune des affirmations suivantes, cochez la case qui correspond le mieux à votre opinion :

La TI 92 :

	<i>tout à fait d'accord</i>	<i>plutôt d'accord</i>	<i>plutôt pas d'accord</i>	<i>Pas du tout d'accord</i>	<i>sans opinion</i>
31. Permet de faire en classe des activités plus intéressantes					
32. Oblige à se poser des questions					
33. Donne envie de chercher des exercices					
34. Oblige à réfléchir davantage à ce que l'on fait					
35. Incite le professeur à poser des problèmes trop difficiles					
36. Incite à ne pas apprendre les choses indispensables					
37. Oblige à apprendre des choses utiles					

38. Est ce que l'utilisation de la TI 92 a modifié votre point de vue sur les calculatrices ?

Oui ☐

Non ☐

Expliquez votre réponse :

.....

.....

39. Quand la TI 92 fournit un résultat inattendu, que faites-vous ? (donnez des exemples)

.....

.....

40. Si vous pouviez garder la calculatrice pendant les vacances, y a t il des choses que vous aimeriez apprendre à faire ou à mieux faire avec elle ?

Oui ☐

Non ☐

Si vous avez répondu "Oui", pouvez-vous donner des exemples :

.....

.....

41. Aimeriez-vous avoir une TI 92 l'année prochaine ?

Oui ☐

Non ☐

Sans opinion ☐

2 RÉSULTATS DU QUESTIONNAIRE

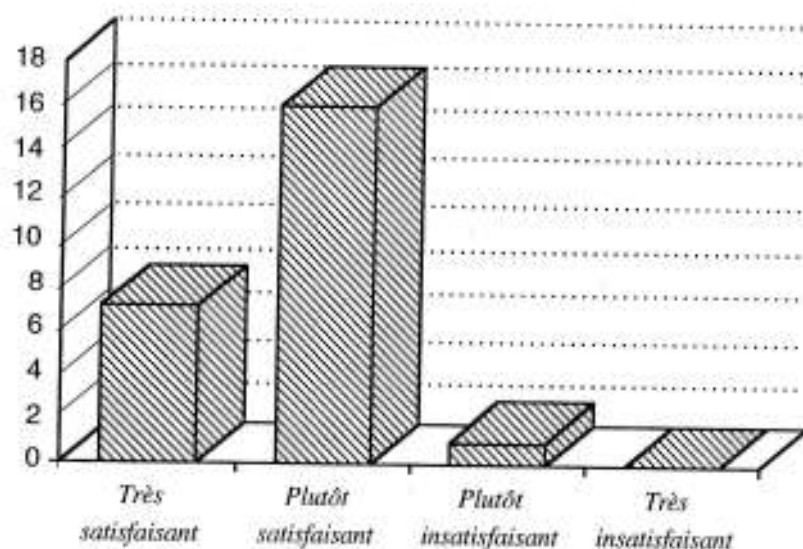
Lors de la passation de ce questionnaire qui s'est déroulée à la mi-juin, six élèves étaient absents.

Impression globale sur l'expérimentation (questions 3 à 8)

L'impression globale sur l'expérimentation est bonne puisqu'un seul élève émet une impression négative (plutôt insatisfaisant) : il s'agit d'ailleurs de l'élève atypique dont nous avons parlé précédemment (cf. § opinion sur l'utilité du paragraphe B, le deuxième questionnaire) :

Plutôt insatisfaisant 1 Plutôt satisfaisant 16 Très satisfaisant 7

Quelle est globalement votre impression sur cette expérimentation ?



a) Les élèves ont apprécié

Parmi ce que les élèves ont apprécié dans cette expérimentation, on peut distinguer différents aspects déjà mis en évidence dans les résultats du 2^{ème} questionnaire (cf. § B, réponses à la question 18). Les nouvelles réponses portent essentiellement sur des possibilités découvertes (ex : traitement de données) ou des activités menées après la passation du 2^{ème} questionnaire (ex : homothétie). On note également chez deux élèves une appréciation du nouveau mode d'organisation de la classe.

Une organisation différente du travail

- Une participation de toute la classe aux activités sur la TI, ex : le professeur fait la figure à l'écran et tous les élèves la font en même temps.
- Le travail en groupe intéressant avec une bonne ambiance. Les activités plutôt faciles et instructives par rapport à la TI 92.

Les différentes applications de la calculatrice

- Les manipulations, les graphiques, les résolutions de problèmes d'algèbre (Solve, Factor...).
- Toutes les fonctions qu'elle a, la géométrie.
- De faire des graphiques, des courbes, des histogrammes, des figures géométriques... J'ai bien apprécié que la machine ait répondu à presque tout.
- La géométrie, les graphes, les fonctions sont intéressantes et faciles à manipuler.
- Les différentes façons de résoudre des expressions, de pouvoir faire des graphiques car c'est intéressant et les figures géométriques.
- Les équations, les valeurs absolues, la partie géométrie, résoudre des systèmes.
- Les graphiques et les dessins de géométrie, certaines manipulations pour leurs effets surprises.
- Surtout quand on s'en sert pour construire les courbes. C'était bien car on pouvait vérifier ce que l'on faisait. Elle m'a aussi bien servi pour les factorisations, développements et valeurs absolues...
- La facilité de faire des graphiques et des statistiques. Que la calculatrice puisse faire des développements, factorisations et les graphiques 3D.
- La partie géométrie, la partie graphique.
- Pouvoir faire des représentations graphiques, toutes les possibilités que nous offre la machine pour les calculs (factoriser, développer...). Pouvoir faire de la géométrie sur la machine.
- Les méthodes de calculs de la fonction algèbre, la partie $y =$ pour tous les avantages de zooms, la géométrie dans les recherches de fonctions (lieu de la fonction).
- On peut vérifier facilement nos résultats, par exemple pour les systèmes d'équations. On peut savoir le maximum d'une fonction grâce à la courbe. Elle fait des histogrammes.
- Certaines applications telles que géométrie ou graph.
- Dans la partie géométrie : la construction d'histogrammes, la construction d'homothéties. Dans la partie algébrique, le passage décimaux / fractions ; valeur approchées ; utilisation de Solve, Factor etc...
- Car ça nous aide assez dans le programme par rapport aux inéquations, aux valeurs de x , aux graphiques, aux tableaux de variations...

Nous constatons que, outre la mention de plusieurs applications, ces réponses font souvent référence directement aux activités qui ont été menées au cours de l'expérimentation.

L'application Graph

- *La construction des courbes, car c'est assez simple.*
- *Surtout la partie graphique, car on peut avoir une courbe très rapidement, ce qui nous fait gagner beaucoup de temps.*

Les trois dernières réponses (émanant de garçons favorables à l'informatique) sont plus centrées sur des caractéristiques plus techniques de cet outil :

Autres caractéristiques de la calculatrice

- *La précision de la machine ; la facilité de maniement ; les capacités de mémoire.*
- *Les capacités de la machine, sa précision en mode exact, la gestion des mémoires par fichier.*

La spécificité de la TI 92

- *Ses capacités, ses différentes fonctions très appréciées, le mode exact et la géométrie unique sur une machine ; sa partie graphique¹.*

b) Les élèves n'ont pas apprécié

Tout d'abord, il faut remarquer que 11 élèves sur 24 ne répondent pas à cette question, la proportion est donc plus forte que lors du 2^{ème} questionnaire. Parmi ce que les élèves n'ont pas apprécié dans cette expérimentation, on peut distinguer différents aspects qui avaient été également déjà mentionnés dans le 2^{ème} questionnaire (cf. § B, réponses à la question 17 du deuxième questionnaire). On note aussi chez deux élèves des remarques sur le nouveau mode d'organisation de la classe :

Complexité de la calculatrice

- *Manipulations parfois complexes et longues pour effectuer un calcul, partie algébrique.*
- *Je trouve que pour certaines figures de géométrie comme les homothéties, il faut passer par plusieurs menus et c'est trop long. On a le temps de s'embrouiller.*
- *La complexité de la machine. L'emprise que pourrait avoir (et qu'a eue) la machine sur les mathématiques.²*
- *Ce qui est complexe et difficile ou long à faire avec la machine (ex : les matrices).*
- *Les constructions géométriques car c'est difficile et parfois long à faire.*
- *Pour avoir un résultat ou une figure, trop de manipulations.*

¹ Il s'agit du seul garçon qui avait déjà une calculatrice graphique programmable.

² Il s'agit toujours du même élève "atypique".

Organisation des séances

- Le fait que le professeur de mathématiques nous laisse nous "dépatouiller" (débrouiller) la première heure sur un TP.
- Les autres professeurs qui nous "tournaient autour" en faisant des réflexions entre eux sans nous en parler.

Taille de la calculatrice

- La grosseur, elle est encombrante.
- Les dimensions de la calculatrice, la syntaxe de la machine dans les calculs longs à taper.
- La taille aussi est trop encombrante.

Messages d'erreur

- Les messages d'erreurs et d'être bloquée dans la machine les premières semaines.

Difficulté d'anticiper le résultat

- Que la calculatrice réponde n'importe quoi lorsqu'on tape ENTER. Quand la machine se bloque, toute la mémoire s'efface.
- La partie algébrique, car la machine ne sait pas faire un calcul sans qu'on lui indique le menu approprié, si on tape ENTER, on obtient un résultat incohérent.
- De devoir toujours ajuster la fenêtre dans windows ainsi que dans la partie algébrique car cela ne donne pas toujours ce que l'on attend.
- Car quand on veut calculer une opération et qu'on appuie sur ENTER, on ne sait jamais le résultat que ça va nous donner.

La calculatrice ne sait pas répondre

- Quand elle ne sait pas quelque chose comme par exemple un calcul, elle ne marque pas qu'elle ne sait pas le faire mais elle remarque le calcul donc il faut le savoir ou sinon on est étonné.
- La partie algébrique, car la machine nous redonne de temps à autre le même résultat, ne sait pas répondre.

Lenteur de la machine

- La lenteur de la machine une fois après certaines applications¹.

¹ Il s'agit du seul garçon qui avait déjà une calculatrice graphique programmable.

Un TP

- *Le TP sur le chemin le plus court.*

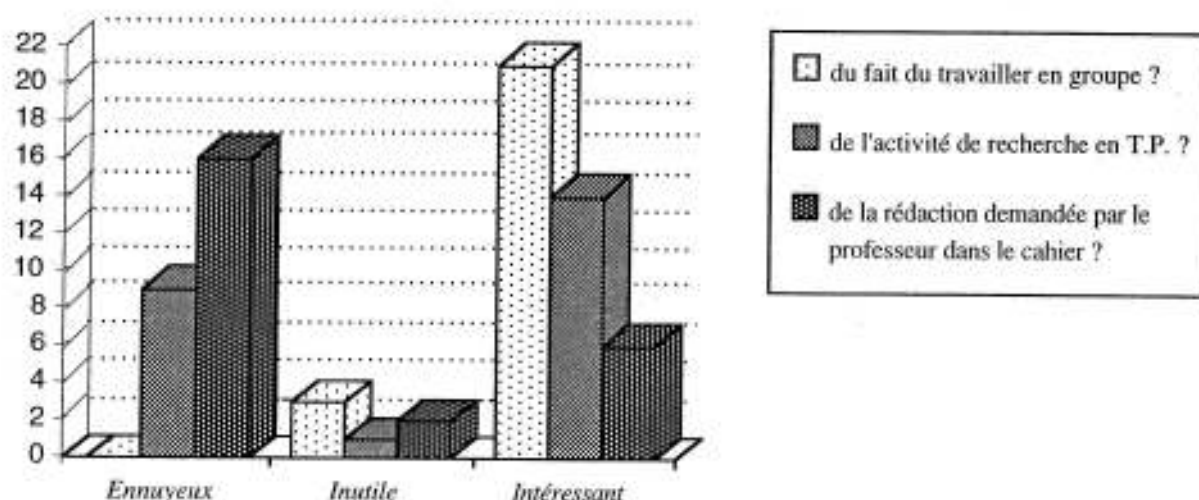
c) Opinions sur l'organisation du travail

Si les élèves ont apprécié dans leur grande majorité le fait de travailler en groupe, l'activité de recherche est nettement plus contestée puisque 9 élèves sur 24 la trouvent ennuyeuse. Quant à la rédaction dans le cahier, seulement 6 élèves l'ont jugée intéressante. Il est clair que le contrat installé dans la classe est souvent ressenti comme une contrainte, même si les élèves ne le déclarent pas inutile.

Que pensez-vous :

	Ennuyeux	Inutile	Intéressant
6. du fait du travail en groupe ?	0	3	21
7. de l'activité de recherche en T.P. ?	9	1	14
8. de la rédaction demandée par le professeur dans le cahier ?	16	2	6

Que pensez-vous :



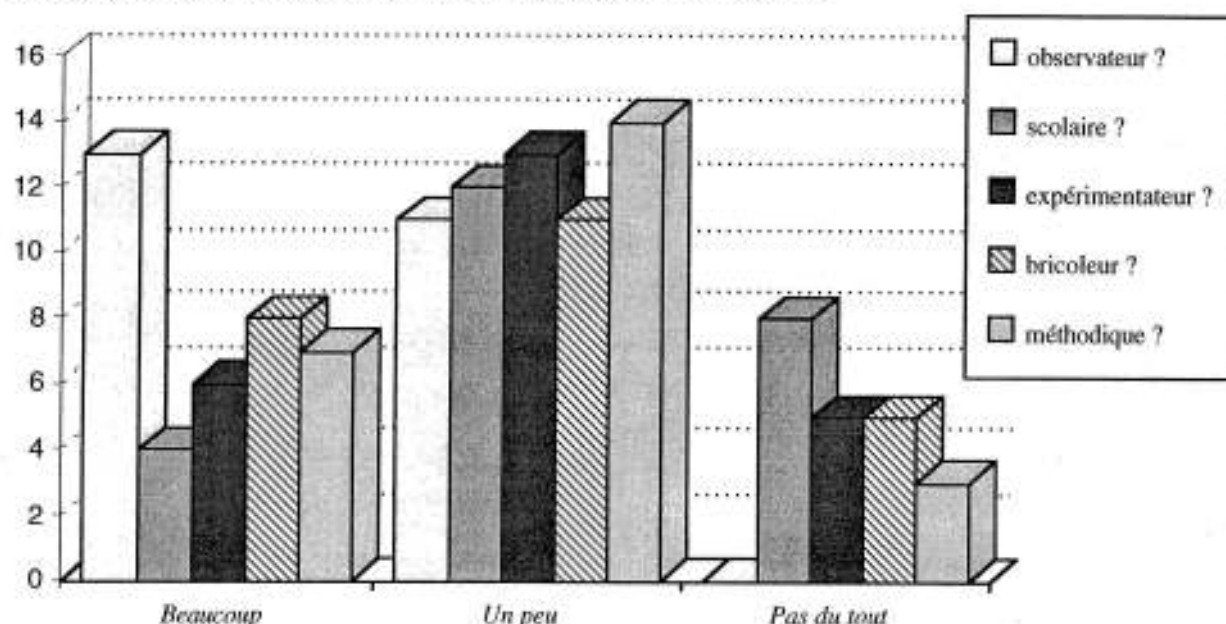
Estimation par les élèves de leur comportement durant les TP (questions 9 à 13)

La question 9 avait pour objectif d'avoir une idée de la manière dont les élèves percevaient leur propre comportement durant les TP. Nous avons repris en grande partie la typologie mise en évidence dans [Trouche 96]. La répartition des réponses ne permet pas de tirer une information

globale de ces résultats. Cependant, nous les reprendrons pour les élèves ayant participé à des entretiens.

	<i>Beaucoup</i>	<i>Un peu</i>	<i>Pas du tout</i>
9. observateur	13	11	0
10. scolaire	4	12	8
11. expérimentateur ?	6	13	5
12. bricoleur ?	8	11	5
13. méthodique ?	7	14	3

Quels adjectifs attribueriez-vous à un comportement durant les TP :



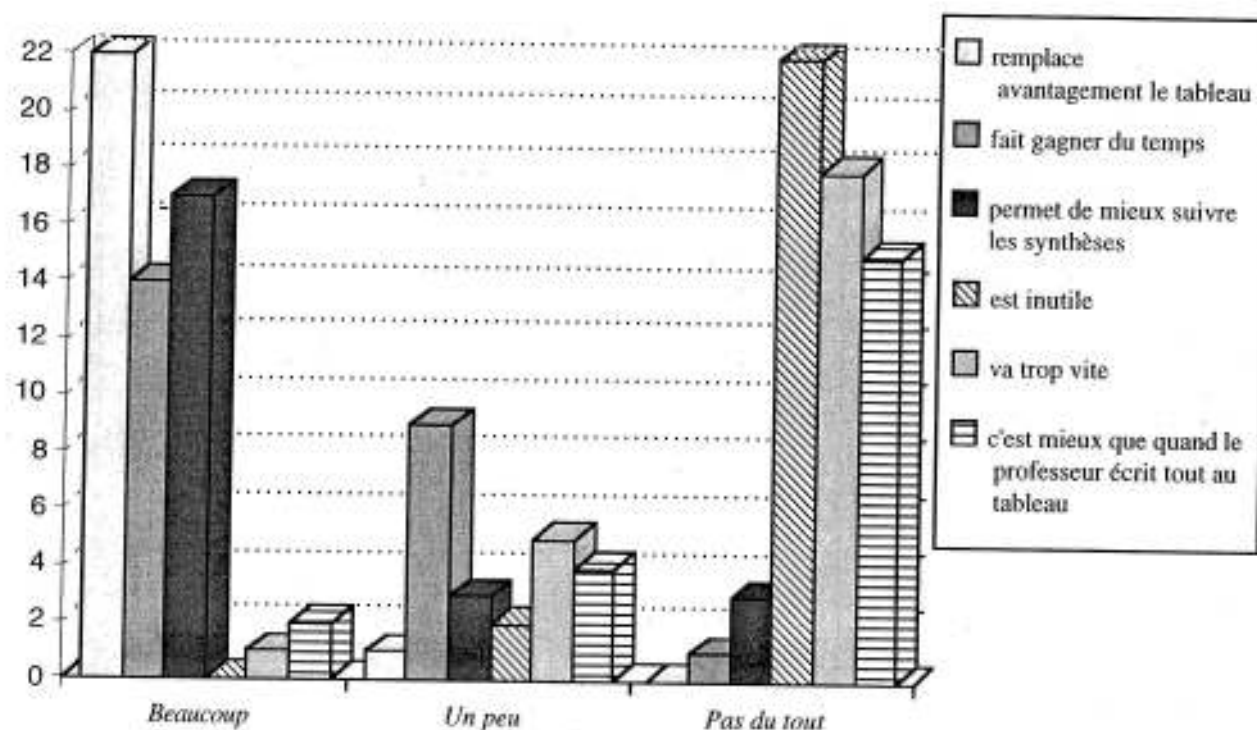
Opinions sur l'utilité de la calculatrice rétroprojetable (questions 14 à 19)

Les réponses aux questions 14 à 19 mettent en évidence que l'utilisation de la calculatrice rétroprojetable a été appréciée par la grande majorité des élèves. De plus, il apparaît que le remplacement du tableau par la calculatrice rétroprojetable n'est pas ressenti, en général, comme un facteur d'accélération dans le déroulement de l'activité (question 18). D'ailleurs, ce ne sont pas les mêmes élèves qui répondent affirmativement aux questions 18 et 19 : à titre d'exemple, l'unique possesseur d'une calculatrice graphique et programmable, qui est un bon élève (l'élève E5), préfère quand le professeur écrit tout au tableau. Enfin, les deux élèves qui répondent que la calculatrice rétroprojetable est un peu inutile sont l'élève "atypique" et le meilleur élève de la classe.

Jugez-vous que la calculatrice rétroprojetable :

	<i>Beaucoup</i>	<i>Un peu</i>	<i>Pas du tout</i>	<i>Pas de réponse</i>
14. remplace avantageusement le tableau	22	1	0	1
15. fait gagner du temps	14	9	1	
16. permet de mieux suivre les synthèses	17	3	3	1
17. est inutile	0	2	22	
18. va trop vite	1	5	18	
19. c'est mieux que quand le professeur écrit tout au tableau	2	4	15	3

Jugez-vous que la calculatrice rétroprojetable :

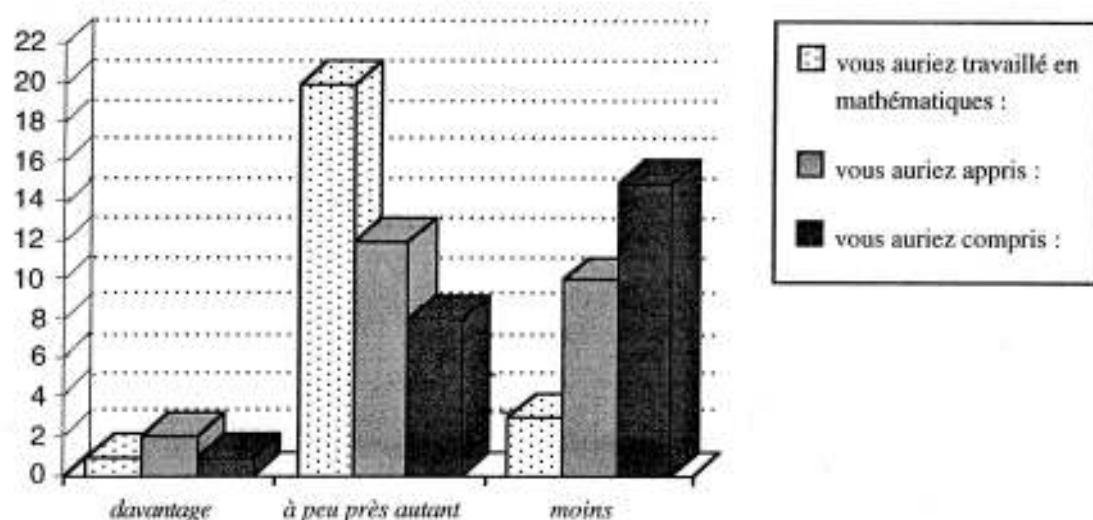


Estimation par les élèves de l'impact de la calculatrice sur leur apprentissage des mathématiques (questions 20 à 23)

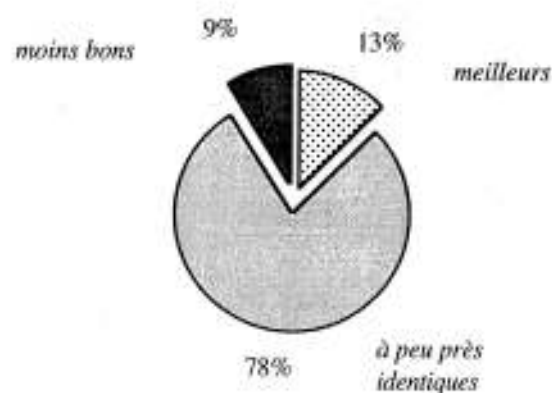
Les élèves n'ont pas, en général, l'impression que la calculatrice a eu un effet important sur leur travail, leur apprentissage ou leurs résultats en mathématiques ; cependant ils sont quinze élèves sur 24 à estimer que la calculatrice les a aidés à mieux comprendre certaines notions. On retrouve ici la même idée que celle émise dans les réponses à la question 30 du deuxième questionnaire.

	<i>Davantage</i>	<i>A peu près autant</i>	<i>Moins</i>
20. Avez-vous l'impression que si vous n'aviez pas eu cette calculatrice, vous auriez travaillé en mathématiques	1	20	3
21. Avez-vous l'impression que si vous n'aviez pas eu cette calculatrice, en mathématiques, vous auriez appris	2	12	10
22. Avez-vous l'impression que si vous n'aviez pas eu cette calculatrice, en mathématiques, vous auriez compris	1	8	15

Avez-vous l'impression que si vous n'aviez pas eu cette calculatrice :



Avez-vous l'impression que, si vous n'aviez pas eu cette calculatrice, en mathématiques, vous auriez eu des résultats :



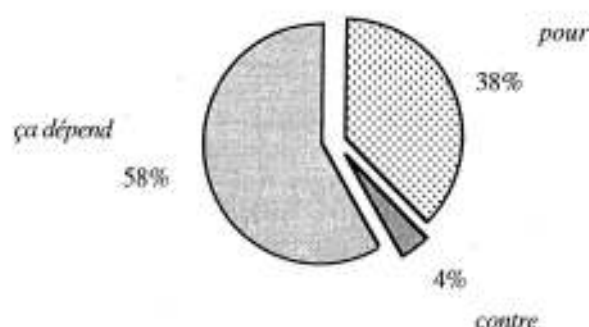
Moins bons [2] A peu près identiques [18] meilleurs [3]

Utilisation aux contrôles

Si l'on compare les réponses obtenues à cette question lors du premier questionnaire, on constate que les élèves ont conservé la même opinion en ce qui concerne la pertinence de l'utilisation de la calculatrice aux contrôles (cf. § B, réponses à la question 23 du deuxième questionnaire). Comme nous l'avions signalé dans ce paragraphe, l'activité de validation est relativement indépendante des démonstrations exigées par l'enseignant et il n'y a eu aucun travail spécifique en classe sur ce point entre les deux questionnaires.

	<i>Pour</i>	<i>Contre</i>	<i>Ça dépend</i>
24 Que pensez-vous de l'utilisation de la calculatrice aux contrôles ? Etes-vous	9	1	14
Même question au 1 ^{er} questionnaire	11	0	18

Que pensez-vous de la calculatrice aux contrôles ? Etes-vous :



Prise de conscience des possibilités et limites de l'outil (question 26)

Dans les réponses à la question 26 : *Un élève d'une autre classe vous dit : "Avec la TI 92, même en étant nul en mathématiques, tu peux réussir tes contrôles". Que lui répondez-vous ?*, les élèves ont développé une argumentation qui révèle une prise de conscience certaine des possibilités et limites de l'outil : outre la conscience du fait que la manipulation nécessite des connaissances et qu'il faut savoir interpréter les résultats, les élèves ont pour une grande majorité conscience que la calculatrice permet une vérification des résultats, mais ne dispense pas de la réflexion pour les démonstrations. Il est clair que l'utilisation de la calculatrice n'a pas modifié le contrat du contrôle : il faut rédiger, démontrer et expliquer les résultats, même s'ils sont fournis par la calculatrice.

Il faut savoir manipuler, cela nécessite des connaissances

- *Cela dépend, il faut savoir arranger les erreurs de manipulation.*
- *Faux, car il faut savoir s'en servir et ce que ça veut dire (ex : Com.Denom).*

- Non, si on ne sait pas la manipuler. On reste nul. De plus, le cours coordonne avec la T9 92.
- Ça dépend. Il faut savoir utiliser la machine, dans les problèmes de réflexion la machine ne sert pas, mais pour les calculs et courbes, elle aide.
- Non parce qu'il faut savoir l'utiliser, les formules, elle ne nous donne pas tout, il faut que nous le lui demandions.
- C'est faux, car il faut savoir ce que l'on tape comme données.
- Faux, car pour bien se servir de la T9 92, il faut, quand même, un minimum de connaissances.

Ne résout pas, mais permet de vérifier

- On peut mais, c'est plutôt faux, la calculette ne résout pas les problèmes si on lui donne l'énoncé par contre elle permet de vérifier son résultat si on n'est pas sûr. Le tout est de savoir s'en servir...
- Non car elle nous permet de vérifier nos résultats mais pas de nous faire les contrôles.
- Je lui réponds que non, car il ne suffit pas de l'utiliser pour avoir les résultats, mais il faut connaître les formules et cela nous permet simplement de vérifier nos résultats.
- C'est faux car la machine n'affiche pas le déroulement des calculs et sert surtout à la vérification des calculs.
- Faux, la machine permet de vérifier les résultats, la machine ne détaille pas les calculs.

Ne remplace pas l'homme, il faut comprendre

- C'est faux, car la machine fait ce qu'on lui tape, elle ne fait pas le déroulement.
- Pas forcément parce que la calculatrice ne fait pas tout, il faut aussi comprendre.
- Ça dépend, car si tu ne sais pas ce que fait le calcul, tu ne pourras pas l'interpréter.
- Je lui réponds que cette machine ne remplace pas l'intelligence de l'élève et qu'en contrôle, il faut savoir l'utiliser.
- Que la calculatrice c'est vrai aide mais que pour pouvoir s'en servir il faut comprendre ce que l'on fait.
- Qu'une machine ne peut pas remplacer l'homme, c'est juste un supplément.

Ne fait pas les démonstrations

- Faux ! Car la T9 92 donne les résultats mais pas les démonstrations, mais elle permet quand même de vérifier.
- Pas du tout, car avec ou sans la T9 92 il faut rédiger, démontrer et expliquer les résultats.

Autres

- Non, car on peut être aussi à l'aise avec ou sans la machine.
- Les contrôles ne sont pas basés sur la simulation de réflexion et de connaissances¹.

¹ Il s'agit toujours du même élève "atypique".

- *C'est faux, car la machine n'aide pas pour nos faiblesses en math.*
- *Oui, même si l'élève accroche, mais si l'élève est attentif en classe et retient l'essentiel, on peut réussir aux contrôles.*

Exemples où l'utilisation de la TI 92 est intéressante, utile (questions 27 & 28)

Dix-sept élèves confirment (question 27) les opinions émises dans les réponses au second questionnaire (§ B), en se référant également aux nouvelles séances réalisées en classe (homothétie, statistiques) :

Résolution de systèmes d'équations

- *Résolution plus rapide et vérification des résultats.*

Vérification des résultats

- *Tableau de signes.*
- *Permet de trouver ses erreurs de calcul.*

Représentations graphiques

- *Nous fait gagner du temps, à la main, c'est beaucoup plus long.*
- *Evite de tracer sur papier millimétré.*
- *La précision est meilleure que si on le fait à la main.*
- *Intéressante pour maximum, minimum.*
- *Sans la TI 92, il faut faire beaucoup de calculs alors qu'avec, on n'a qu'à lire et regarder le graphique.*
- *Lors de l'interprétation d'un graphique, car c'est comme un jeu, qu'il faut observer et déduire.*

L'application géométrie

- *Figures géométriques, lors d'un contrôle, car on peut effectuer plusieurs manipulations ou tout effacer en peu de temps pour corriger.*
- *Grâce à la machine, on peut faire bouger la figure pour mieux comprendre.*
- *Pour la droite et le cercle d'Euler (homothétie), parce qu'on pouvait réduire la figure aux principaux éléments, tout en gardant des données exactes.*
- *Dans les homothéties, car on peut construire la figure et ses homothétiques.*

- Dans la partie géométrie, car on peut faire des dessins qui aident à apprendre surtout en TP faits durant l'année.

Traitement de données

- Sur la leçon de statistiques, avec les tableaux et les histogrammes, savoir mettre les indices aux bons endroits (centre, effectifs...) dans le tableau et savoir mettre le nombre exact.
- Dans le contrôle sur les valeurs absolues, pour construire les histogrammes dans les statistiques.

Dix-huit élèves répondent à la question concernant les situations où la TI paraît utile (question 28) ; on constate la disparition de tout ce qui concerne l'application géométrie et simultanément la référence à l'application initiale, appréciée également pour les possibilités de vérification :

Application initiale (souvent pour vérification des résultats)

- Dans la partie algébrique, pour contrôler nos résultats, car elle peut nous faire trouver des erreurs de calcul.
- Pour les moyens de vérification, en contrôle, on fait des calculs et on les vérifie.
- Pour factoriser ou développer une expression, car cela nous donne le résultat, ce qui nous permet de vérifier le nôtre.
- Pour vérifier nos résultats d'une expression ou autre, quand nous sommes en contrôle, c'est toujours rassurant d'avoir la machine pour vérifier si c'est juste ou faux.
- Pour les courbes et les calculs algébriques, car elle permet de vérifier sans perdre trop de temps.
- Pour résoudre les systèmes d'équations, car on entre le système d'équations et la calculatrice nous donne les différentes solutions.
- Pour vérifier n'importe quoi, pour vérifier les factorisations, les développements, les courbes.
- Pour la résolution des systèmes d'équations, parce qu'une fois qu'on avait fait le calcul à la main on pouvait voir si on ne s'était pas trompé.
- Pour résoudre des systèmes à plusieurs inconnues et à plusieurs équations, car elle nous permet de vérifier les résultats faits à la main.
- Pour résoudre les systèmes d'équations, car ça nous permet de vérifier.
- Pour vérifier rapidement des résultats, pendant les contrôles on n'a pas trop le temps de vérifier manuellement.
- Pour savoir mettre, Solve, Factor, Define et passer de l'un à l'autre et aussi pour les nombres décimaux, car cela permet de gagner du temps, on n'est pas obligé de retaper la fonction.

Représentations graphiques

- Pour les courbes, elle permet de donner les coordonnées de points, le minimum d'une fonction...
- Elle est utile pour les signes, car grâce à l'équation on peut faire la représentation graphique et vérifier.
- Déplacements de points, graphique : informations supplémentaires et rapidité (des fois).

- Pour les fonctions et les signes d'une expression, parce qu'on avait les courbes représentatives sans avoir à les construire et qu'on pouvait avoir beaucoup d'informations.
- La courbe des signes, lorsqu'on faisait sur la feuille le tableau de signes, on pouvait vérifier avec la courbe sur la TI.
- Pour les équations de droites et de courbes, car on lit sur la machine si la courbe est négative ou positive.
- Pour les courbes, pour la lecture graphique et pour les sens de variations.
- Pour les courbes.
- Dans la vérification des tableaux de signes, parce qu'avec la courbe on peut voir quand une fonction est positive ou négative, ce qui aide dans une éventuelle erreur.
- Dans les fonctions, car on peut construire la courbe représentative et trouver les informations telles que le minimum, le maximum, les points de même abscisse.

Traitement de données

- Pour les statistiques, elle permet de ne plus perdre de temps et d'avoir l'écart-type tout de suite.
- Je l'ai trouvée intéressante pour les histogrammes et les classes, je l'ai trouvée intéressante parce que c'était bien clair et que l'on pouvait aller plus loin encore.

Exemples où l'utilisation de la TI 92 est inutile, gênante (questions 29 & 30)

Douze élèves n'ont pas donné d'exemples de situation où la calculatrice est inutile et trois élèves répondent qu'ils n'en connaissent pas. Voici les réponses obtenues :

Valeur absolue,

- Pour les valeurs absolues, car elle fait trop de choses qui sont à l'écart de la leçon¹.
- Pour les valeurs absolues, parce que les programmes qu'elle offre n'étaient pas compatibles avec la leçon.

Vecteurs

- Lorsqu'on a étudié les vecteurs, on n'a pas appris à se servir de la machine dans ce domaine.
- On ne s'en est pas servi pour les vecteurs².
- Pour les vecteurs, parce que l'on n'a pas trouvé d'application ou de fonctions qui pouvaient nous aider.

Statistiques

- Les statistiques ont été inutiles pour moi, car un diagramme en bâtons est aussi vite fait sur la feuille que sur la machine.
- Dans les statistiques, pour les constructions de graphiques, plus rapides à effectuer à la main.

¹ La valeur absolue a été abordée sous forme de distance entre deux réels. Le passage de cette définition aux exercices est parfois délicat. C'est le passage au cadre purement algébrique qui pose problème.

² Ceci dénote une confiance étonnante en l'enseignant !

Géométrie

- L'homothétie, ce n'était pas nécessaire de construire des figures sur la machine.
- Je l'ai trouvée inutile pour le triangle et le tracé des droites d'Euler, car à la main on comprend mieux et c'est plus intéressant et c'est plus simple à la main.
- Elle a été inutile pour Thalès, parce qu'on ne peut pas démontrer avec elle.
- Pour les démonstrations, car elle ne sait pas le faire.
- Pour tirer 2 sous-figures d'une figure, comme dans l'exemple de Thalès, il m'a été plus bénéfique de le voir à la main qu'à la machine.

Traitement de textes

- Dans la partie Text Editor.
- Parce que même s'il y a de nombreuses possibilités on ne peut pas sortir les textes sur feuilles à moins d'avoir un équipement spécial.

Autres

- Abus de la machine ; abus d'informations : graphique, géométrie..., les informations priment sur la démonstration et la réflexion,¹

Nous voyons que ces réponses concernent souvent des situations qui ont été jugées intéressantes ou utiles par d'autres élèves, comme par exemple les statistiques. Pour la situation concernant Thalès, l'on retrouve ici la conscience des limites de la calculatrice : l'application Geometry n'est pas aussi adaptée qu'un logiciel comme celui de Calques Géométriques (P. Bernat) pour extraire des sous-figures et la calculatrice ne résout pas le problème des démonstrations : ...²

Dix élèves n'ont pas donné d'exemple de situation où la calculatrice a été gênante (question 30). Outre des problèmes de manipulation, on retrouve ici le fait que les élèves sont toujours perturbés (cf. § B) par les résultats incohérents de la touche ENTER.

La touche ENTER

- Lorsque l'on tape ENTER, car on ne sait jamais ce que la calculatrice va répondre, si elle va faire une factorisation, un développement...

¹ Il s'agit toujours du même élève "atypique".

² Le théorème de Thalès a été abordé avant l'arrivée des TI 92. L'enseignant extrait souvent des "bonnes configurations" des figures complexes. Il s'agit sûrement ici d'élèves qui ont essayé de faire ces problèmes seuls avec la TI 92. L'enseignant est étonné de cette remarque car il ne se rappelle pas avoir parlé de sous-figure lors de l'utilisation de la machine.

- *Lorsqu'on tape sur ENTER, quand on tape sur ENTER, la machine nous donne des résultats incohérents.*
- *La touche ENTER, parce qu'on ne peut pas prévoir exactement ce qu'elle va répondre.*
- *Lorsqu'elle affiche une factorisation au dénominateur et un développement au numérateur, elle ne me donne ni un résultat factorisé, ni un résultat développé, elle développe le numérateur et factorise le dénominateur.*
- *La touche ENTER, car on ne peut pas prévoir le résultat (factorisé, développé...).*

Les lieux

- *Quand on a fait le lien sur une figure de géométrie, parce que le curseur de la machine bouge par intermittence et on ne peut pas aller où l'on veut correctement¹.*

Les statistiques

- *Pour les statistiques, parce que les données de la T9 92 ne correspondaient pas avec les données que l'on étudiait.*
- *Pour les statistiques, c'était très long et certaines données étaient verrouillées².*

Situation complexifiée avec la calculatrice

- *Les équations de droite : en classe, j'avais à peu près compris comment trouver les coef. directeurs ou vecteurs directeurs et avec la machine, j'ai été embrouillée.*
- *Oui, tout au long de l'année car je n'arrivais pas à suivre.*

Autres

- *Lorsqu'elle se bloque, car on ne sait plus quoi faire.*
- *Pour les piles, quand elles sont mortes, on perd tout le programme (heureusement qu'il y a un câble!).*
- *Lorsqu'on a beaucoup de fonctions programmées : dans la calculatrice, car on utilise des inconnues déjà employées dans des fonctions³.*
- *Lorsqu'on ne connaît pas tellement la machine.*

Ces réponses mettent en évidence que la calculatrice peut poser des difficultés supplémentaires à des élèves déjà en difficulté. Remarquons cependant qu'un élève peut penser avoir à peu près compris et que la calculatrice révèle une incompréhension, comme nous l'avons déjà signalé dans les premiers entretiens.

¹ En ce qui concerne les lieux, ces élèves qui manipulent bien sont très gênés par la lenteur du curseur lorsque le lieu est tracé ainsi que par la nécessité de densifier le tracé (sinon, le résultat est aberrant).

² Il s'agit d'élèves qui ont verrouillé des fichiers, ce qui a provoqué des confusions que l'enseignant n'a pu expliquer, faute de temps.

³ Les variables sont en fait des fichiers qu'il faut manipuler avec précautions pour éviter de les perdre.

D'autres remarques relèvent d'élèves nettement plus experts comme la remarque sur les lieux ou le problème de désignation de variables qui est signalé par le meilleur élève de la classe.

Opinions sur l'utilité de la calculatrice (questions 31 à 38)

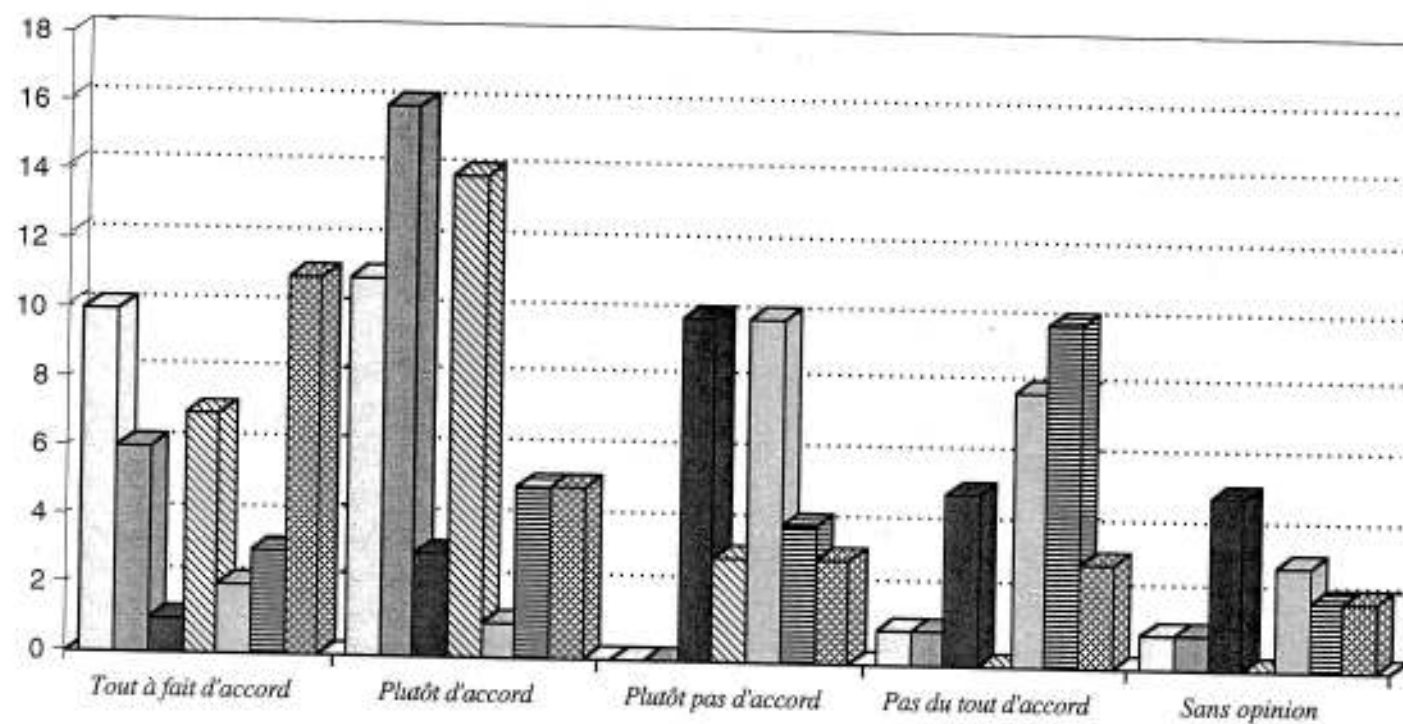
Les questions posées à ce sujet dans le dernier questionnaire diffèrent de celles qui figuraient dans les deux premiers questionnaires. Dans l'analyse des réponses du deuxième questionnaire, nous avons relevé une augmentation sensible des opinions relatives au fait que la calculatrice peut aider à résoudre les problèmes. Afin de mieux cerner l'évolution de l'opinion des élèves sur l'utilité de la calculatrice en classe, les questions 31 à 37 avaient pour objectif de préciser en quoi la calculatrice modifie (de leur point de vue) l'environnement traditionnel de la classe.

On constate une quasi-unanimité sur les questions 31, 32 et 34 : la calculatrice permet de faire des activités plus intéressantes, oblige à réfléchir davantage à ce que l'on fait et à se poser des questions. Au bout de six mois d'intégration dans la classe, la calculatrice est donc considérée comme un outil ouvrant de nouvelles possibilités et incitant à plus de réflexion, c'est une opinion nettement favorable qu'exprime la majorité des élèves. Cependant, il ne s'agit pas encore de l'outil miracle puisque seulement quatre élèves trouvent qu'elle donne envie de chercher des exercices... (question 33)! En ce qui concerne les aspects plutôt négatifs que la calculatrice pourrait induire, si seulement 3 élèves pensent qu'elle incite le professeur à poser des problèmes trop difficiles, ils sont déjà plus nombreux (8 élèves) à estimer qu'elle incite à ne pas apprendre des choses indispensables et surtout seize élèves considèrent qu'ils ont été obligés d'apprendre des choses inutiles.

Pour chacune des affirmations suivantes, cochez la case qui correspond le mieux à votre opinion.

La TI 92 :

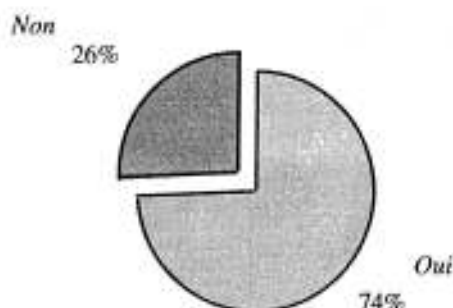
	<i>Tout à fait d'accord</i>	<i>Plutôt d'accord</i>	<i>Plutôt pas d'accord</i>	<i>Pas du tout d'accord</i>	<i>Sans opinion</i>	<i>Pas de réponse</i>
31. Permet de faire en classe des activités plus intéressantes	10	11	0	1	1	1
32. Oblige à se poser des questions	6	16	0	1	1	
33. Donne envie de chercher des exercices	1	3	10	5	5	
34. Oblige à réfléchir davantage à ce que l'on fait	7	14	3	0	0	
35. Incite le professeur à poser des problèmes trop difficiles	2	1	10	8	3	
36. Incite à ne pas apprendre des choses indispensables	3	5	4	10	2	
37. Oblige à apprendre des choses inutiles	11	5	3	3	2	



- | | | |
|---|---|--|
| ☐ Permet de faire en classe des activités plus intéressantes | ☐ Oblige à se poser des questions | ☐ Donne envie de chercher des exercices |
| ☐ Oblige à réfléchir davantage à ce que l'on fait | ☐ Incite le professeur à poser des problèmes trop difficiles | ☐ Incite à ne pas apprendre des choses indispensables |
| ☐ Oblige à apprendre des choses inutiles | | |

Les réponses à la question 38 nous permettent d'avoir une idée de l'évolution de la perception que les élèves ont de leur calculatrice.

Est-ce-que l'utilisation de la TI 92 a modifié votre point de vue sur les calculatrices ?



Il est incontestable que la TI 92 a eu un impact sur le point de vue de la majorité des élèves. Les explications données par les élèves qui déclarent n'avoir pas changé de point de vue sont de plusieurs types : soit ils avaient déjà connaissance des possibilités des machines et leur opinion s'est plutôt renforcée, soit ils ont conscience que même la TI 92 ne sait pas tout faire ; une élève enfin est réfractaire aux machines.

Pas de modification du point de vue

** opinion favorable*

- *J'ai toujours trouvé l'utilisation d'une machine nécessaire surtout pour des problèmes géométriques, mais j'ignorais qu'une machine pouvait effectuer autant de choses.*
- *Je savais qu'il existait des machines très performantes et celle-ci illustre bien mes pensées.*

** limitations de l'outil*

- *Une calculatrice permet juste de vérifier des résultats, mais elle peut être plus ou moins perfectionnée et donner des résultats plus précis et plus approfondis.*
- *Car une machine est plus ou moins perfectionnée mais sur certains points, elle ne sait pas répondre à tout ce qui est posé.*
- *Car une machine reste une machine, elle donne les résultats qu'elle sait faire.*

** opinion défavorable*

- *Non je n'aime pas les ordinateurs, les machines, tout ce qui est compliqué à manier.*

L'élève atypique qui a répondu oui et non à la question 38 explique sa réponse de la manière suivante :

- *En même temps je connaissais mal les machines et les ordinateurs, mais je m'attendais dans un sens, aux aptitudes de la machine.*

Modification du point de vue

Parmi les élèves qui ont changé d'avis, les explications sont également diverses. Certains élèves mettent en avant les possibilités de la TI 92 par rapport à leur ancienne calculatrice, d'autres élèves se placent plutôt du point de vue de l'utilisation qui en a été faite.

** nouvelles possibilités de la TI 92*

- Car au début pour moi les calculatrices servaient à faire des calculs, alors qu'avec la TI 92, non.
- Je ne pensais pas qu'une calculatrice pouvait avoir autant de capacités.
- Pour les performances extraordinaires, la TI 92 abaisse toutes les autres machines.
- Certaines machines permettent de faire beaucoup de choses.
- Car la TI 92 ne permet pas simplement de calculer mais sert aussi pour beaucoup d'autre choses.
- Les calculatrices ne servent pas qu'à faire des calculs. Il y en a des performantes qui permettent de faire beaucoup de choses.
- Je pensais que les machines étaient peu complètes mais la TI 92 l'est beaucoup plus.
- Les calculatrices toutes simples ne permettent que les calculs simples je n'avais pas imaginé un jour avoir un mini-ordinateur dans les mains.
- Car elle est beaucoup plus puissante et je pense que les nouvelles machines en feront de même.
- Elle a modifié mon opinion sur les machines, elle donne des résultats exacts et résout des équations à plusieurs inconnues.
- Car, certaines touches peuvent être très intéressantes quand on les connaît et quand on sait s'en servir.

** nouvelles activités*

- La TI permet de cerner d'avantage de chapitres en Mathématiques par rapport aux autres.
- Elle permet de faire pratiquement tout en Mathématiques en comparaison aux autres machines.
- La TI m'a beaucoup plus apporté que n'importe quelle calculatrice sur tous les points de vue.
- Car avec la TI 92 c'est plus intéressant.
- Car j'ai su m'en servir et l'apprécier.
- Car je me servais d'une machine toute simple et ce n'était pas intéressant, mais avec la TI 92 c'était beaucoup mieux.

Procédures de contrôle (question 39)

Les réponses vagues à la question "Quand la TI 92 fournit un résultat inattendu, que faites-vous?" semblent indiquer que les procédures de contrôle des résultats de la machine sont encore très peu présentes, comme nous l'avions déjà observé lors du premier questionnaire (cf. procédures de contrôle du paragraphe A). Parmi les réponses fournies, on peut distinguer les élèves qui cherchent à

comprendre (7 élèves) ou cherchent une erreur ou leur erreur ¹... (5 élèves), mais ne mentionnent aucune procédure spécifique ; seulement deux élèves font référence aux messages d'erreur. Parmi la moitié des élèves qui indiquent une procédure, cinq élèves déclarent qu'ils recommencent d'une autre manière et trois élèves recommencent à la main. Si l'on compare ces réponses aux réponses du premier questionnaire (mais la formulation de la question était différente), les élèves utilisent moins le calcul à la main (sans doute une confiance plus grande dans la TI 92 ?). Par contre, ils ne sont pas plus nombreux à mettre en oeuvre des procédures différentes pour comparer les résultats.

J'essaie de comprendre

- J'essaie d'expliquer le résultat, de le comprendre.
- J'essaie d'expliquer le résultat, de le comprendre, de réfléchir (si je n'y arrive pas, je demande au prof).
- J'essaie de réfléchir pourquoi elle a donné ce résultat (certains peuvent l'être...).
- Je cherche à expliquer le résultat.
- Je cherche à comprendre. (ex : la touche ENTER, quand on a le résultat factorisé et qu'on le veut développé).
- J'essaie de comprendre le message, ensuite je rectifie : ex : missing a)
- J'essaie de comprendre d'où vient ce résultat et pourquoi.

Je cherche l'erreur

- Je cherche l'erreur.
- Rien ou je cherche l'erreur.
- D'abord je cherche l'erreur et identifie le message s'il y en a. Après je fais ESCAPE.

Je cherche mon erreur

- J'essaie de trouver mon erreur ou si c'est elle qui ne sait pas répondre (par ex., en algèbre lorsqu'elle redonne le même résultat).
- Je me demande pourquoi quand on tape ENTER et qu'elle ne change rien ; et je regarde si je ne me suis pas trompé en tapant.

Je recommence de la même manière

- Je retape le calcul.
- Je recommence le calcul ou la manipulation, puis je cherche une explication (par ex. pour une factorisation).

¹ Au niveau de la seconde, nous n'avons pas pu mettre en évidence des erreurs de la TI 92 comme cela avait été fait dans le module sur les calculatrices.

Je recommence à la main

- Je refais les calculs à la main et je regarde si ça correspond.
- Je résous le problème à la main.
- Je cherche ce résultat sans la machine.

Je recommence d'une autre manière

- Je cherche l'erreur (je calcule à la main, je recommence à la machine, je recommence d'une autre manière pour comparer les résultats).
- Je refais le calcul manuellement, puis à nouveau à la machine.
- Je recommence la manipulation avec ENTER. Les réponses sont inattendues.
- Je reffrappe mon calcul et change de menu.
- J'essaie de comprendre pourquoi elle donne ce résultat et je recommence d'une autre manière pour comparer les résultats.

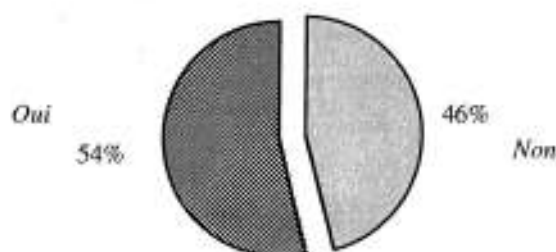
Autres

- Je reste bête. Pour connaître le signe d'un produit comme $(x^2(\text{exposant}) - 80x + 1625)$.
- Je ne vois pas.

Perspectives (Questions 40 & 41)

Une petite moitié des élèves présents (11 élèves) aurait été intéressée d'avoir une TI 92 à sa disposition pendant les vacances.

Si vous pouviez garder la calculatrice pendant les vacances, y-a-t-il des choses que vous aimeriez apprendre à faire ou à mieux faire avec elle ?



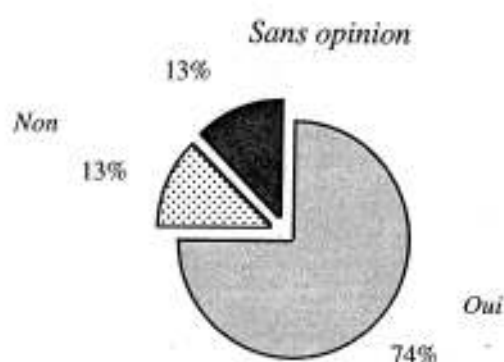
Dans les réponses concernant les thèmes qu'ils auraient souhaité travailler, on trouve une volonté à la fois d'approfondir ce qui a été fait et de découvrir toutes les possibilités de l'outil :

- Perfectionner les graphiques et les fonctions.
- Apprendre à créer des programmes, savoir faire des "macro", pousser mes connaissances plus loin.
- Les dessins en 3 dimensions, ses différents avantages.
- La géométrie, les programmes.

- En partie géométrie, j'aimerais savoir faire un maximum de constructions.
- Les graphiques, la 3D, la résolution des systèmes aux 2^{ème} et 3^{ème} degrés par le tableur, la géométrie (ex : les arcs de cercle).
- A trouver les minimums, les maximums sur une courbe car je n'ai rien compris.
- Je regarderais si on peut faire d'autres choses, je refoirais des histogrammes pour que ce soit plus facile.
- Apprendre les méthodes de calcul pour la classe de 1^{ère} S.
- La figure en 3D.
- J'aimerais approfondir mes connaissances en ce qui concerne la programmation.

Enfin, la grande majorité des élèves aurait souhaité disposer d'une TI 92, l'année prochaine :

Aimeriez-vous avoir une TI92 l'année prochaine ?



Synthèse des résultats

Après six mois d'utilisation de la TI 92, l'impression globale sur l'expérimentation est bonne puisqu'un seul élève émet une opinion négative. Parmi ce que les élèves ont apprécié, outre les réponses similaires à celles recueillies lors du deuxième questionnaire, les élèves font souvent référence aux nouvelles activités réalisées ou nouvelles possibilités de la calculatrice découvertes depuis la passation de ce questionnaire.

Parmi ce que les élèves n'ont pas apprécié, la complexité de la machine est toujours fréquemment mentionnée. Les élèves mentionnent également la difficulté d'anticiper le résultat produit par la touche *Enter* dans l'application initiale et le fait que "la machine n'est pas toujours capable de répondre".

Si les élèves ont apprécié le nouveau mode d'organisation de la classe et le travail de groupe, ils sont moins affirmatifs sur l'activité de recherche. De plus, pour la majorité d'entre eux, le travail de rédaction est ressenti comme une contrainte, même si certains élèves le reconnaissent utile.

L'utilisation de la calculatrice rétroprojetable a été appréciée par la quasi-totalité des élèves. En ce qui concerne l'utilisation personnelle de la TI 92, même si, pour 15 élèves sur 24 élèves, la calculatrice les a aidés à mieux comprendre une notion, ils n'ont pas l'impression qu'elle a eu un effet important sur leur apprentissage des mathématiques.

L'opinion sur la pertinence de l'utilisation de la calculatrice aux contrôles n'a guère évolué depuis la passation du deuxième questionnaire : cependant, on remarque une grande prise de conscience par les élèves des possibilités et limites de la TI 92 : la manipulation de cet outil nécessite des connaissances mathématiques et, s'ils le considèrent comme une aide à la vérification des résultats, il ne dispense (malheureusement?) pas de les démontrer...

Les situations dans lesquelles l'utilisation de la calculatrice semble intéressante aux élèves font souvent référence aux applications graphique et géométrique. Pour les situations où la calculatrice paraît utile, l'application "geometry" disparaît (et est par contre mentionnée, ce qui est cohérent, dans quelques situations où la calculatrice est jugée inutile). Elle est remplacée par l'application initiale appréciée pour les possibilités de vérification qu'elle offre. L'on voit également apparaître le traitement de données pour lequel les avis sont partagés. Les situations dans lesquelles l'utilisation de la calculatrice paraît gênante font souvent référence aux résultats produits par la touche ENTER, fréquemment jugés incohérents par les élèves.

Au bout de six mois d'expérimentation, la TI 92 est généralement considérée comme un outil ouvrant de nouvelles possibilités et incitant à plus de réflexion. Il faut toutefois noter que huit élèves estiment qu'elle les incite à ne pas apprendre des choses indispensables et que seize élèves sur vingt-quatre considèrent qu'ils ont été obligés d'apprendre des choses inutiles.

Quant au point de vue des élèves sur les calculatrices, il a souvent été modifié au cours de cette année ; les raisons invoquées font souvent référence aux nouvelles possibilités intéressantes de la TI 92. En ce qui concerne les possibilités de contrôle des résultats de la machine, les procédures des élèves n'ont guère évolué depuis le début de l'année. L'utilisation de la calculatrice pour confronter les résultats n'est pas une démarche naturelle pour de nombreux élèves.

Parmi les réponses des onze élèves qui auraient souhaité disposer d'une TI 92 pendant les vacances, on trouve à la fois une volonté d'approfondir ce qui a été fait et de découvrir toutes les possibilités de l'outil ; enfin, une grande majorité des élèves aurait souhaité disposer d'une TI 92 l'année prochaine.

*CINQUIEME PARTIE
LE RECUEIL D'INFORMATIONS PAR
ENTRETIENS*

CINQUIÈME PARTIE

LE RECUEIL D'INFORMATIONS PAR ENTRETIENS

A LES PREMIERS ENTRETIENS

1. TEXTE DES ENTRETIENS

Consignes : Ces quatre exercices doivent être effectués avec la calculatrice. Dans la mesure du possible, expliquez à la personne qui mène l'entretien les actions successives que vous effectuez. Vous pouvez éventuellement consulter vos documents d'accompagnement ou écrire, si vous le désirez.

EXERCICE n°1

Calculer en mode exact les expressions suivantes :

$$30 + \frac{3}{3 + \frac{3}{5}} ; \frac{\sqrt{5} - \sqrt{3}}{\sqrt{3} - 5} + \frac{2}{\sqrt{5} + \sqrt{3}}$$

Si vous aviez fait les calculs à la main, auriez-vous donné le dernier résultat sous la forme affichée par la machine ?

Pouvez-vous donner, avec la machine, le résultat sous une autre forme ?

Calculer ensuite une valeur approchée de ces deux expressions avec 4 décimales.

EXERCICE n°2

Développer l'expression $(x\sqrt{2} - \sqrt{3})(x\sqrt{3} - \sqrt{2})$

Factoriser le développement obtenu.

Est-ce le résultat que vous attendiez ?

Sinon, pouvez-vous avec la calculatrice vérifier que les expressions sont égales ?

EXERCICE n°3

On considère la fonction $f(x) = 3x^2 + 2x + 1$,

Calculer $f(5)$, $f(\sqrt{2})$.

Tracer la représentation graphique de f .

Faire afficher le minimum de la fonction.

EXERCICE n°4

Réalisez, sur la machine, la construction correspondant à l'énoncé suivant :

"A et B sont deux points d'un cercle O. I est le milieu de [AB].

La perpendiculaire en O à la droite (OA) coupe le cercle en C et D.

La perpendiculaire en O à la droite (OB) coupe le cercle en E et F".

Faire afficher la longueur du segment [AB].

Conjecturez la position relative des droites (OI) et (CE) ; faites vérifier à la calculatrice cette propriété.

Supprimer la droite (OI).

Que se passe-t-il si l'on supprime le point A ? Expliquez ?

2. A PROPOS DES ENTRETIENS

Sélection des élèves

Les premiers entretiens d'une durée de 30 mn se sont déroulés le 23 Février (moins de deux mois après le début de l'expérimentation). L'objectif était d'avoir des informations sur l'évolution de l'appropriation de l'outil grâce à des entretiens avec six élèves sélectionnés. Le premier critère de sélection des six élèves était la nature de réponses données aux questions 55 et 56 du premier questionnaire. Ces questions permettaient d'une part de savoir si l'élève avait suivi un club informatique et d'autre part de connaître son opinion a priori concernant l'effet de l'ordinateur sur l'apprentissage des Mathématiques. Nous avons également tenu compte en partie de l'aptitude des élèves à communiquer dont l'un des indices observables pouvait être leur facilité d'expression dans les réponses ouvertes du premier questionnaire, ceci afin que les entretiens se déroulent dans les meilleures conditions possibles. Enfin, nous avons choisi deux élèves garçons (E5, E6) et quatre filles (E1, E2, E3, E4) afin de respecter la disproportion filles-garçons de cette classe.

• L'élève E1, qui avait suivi un club informatique, estimait que l'ordinateur était sans effet pour apprendre des Mathématiques, avec la justification suivante :

Je ne vois pas comment un ordinateur peut aider à apprendre les maths, on peut juste faire des graphiques, des dessins géométriques, mais pour les calculs ça revient au même que d'avoir une machine.

- L'élève E2, qui n'avait pas suivi un club informatique, était encore plus réservée :

Je trouve déjà les maths difficiles en eux-mêmes alors un ordinateur en plus, cela ne peut faire que nous embrouiller encore plus.

- L'élève E3, qui avait suivi un club informatique, pensait que l'ordinateur était sans effet pour apprendre des Mathématiques ¹, avec la justification suivante :

Je pense qu'un ordinateur n'est pas capable de faire une démonstration seul, qu'il faut que ce soit nous. C'est toujours notre cerveau qui travaille.

- L'élève E4, qui n'avait pas suivi un club informatique, estimait également que l'ordinateur était sans effet pour apprendre des Mathématiques ; toutefois son opinion semblait moins catégorique avec la justification suivante :

On n'est pas obligé d'avoir un ordinateur pour faire des Mathématiques.

- L'élève E5, qui avait suivi un club informatique, pensait que l'ordinateur pouvait être utile pour apprendre des Mathématiques ², avec la justification suivante :

Les ordinateurs nous aident lors de tracé de graphiques, de modifications.

- L'élève E6, qui n'avait pas suivi un club informatique, estimait également que l'ordinateur était utile pour apprendre des Mathématiques, avec la justification suivante :

On n'a pas besoin de tout dessiner à la main, on rentre une donnée et la droite se dessine.

Nous devons signaler que les deux élèves les plus favorables à l'utilisation de l'ordinateur pour apprendre des Mathématiques sont des garçons.

Méthodologie des entretiens

Voici les indications qui ont été données aux personnes ayant participé aux entretiens :

Ce sont surtout dans ces premiers entretiens *les connaissances sur les fonctionnalités de l'outil qui sont visées et non, a priori, les connaissances mathématiques.*

Les entretiens sont menés par des binômes. Pour chaque élève, une personne mène l'entretien (interlocuteur), une autre (observateur) s'occupe de l'enregistrement des données, de la surveillance du matériel (tablette rétroprojectable et magnétoscope) et de l'observation.

¹ Signalons que c'est la fille d'un enseignant de Mathématiques.

² Remarquons que c'est l'unique possesseur, dans cette classe, d'une calculatrice graphique.

L'élève a pour consigne d'expliquer ce qu'il fait ; la personne qui mène l'entretien peut intervenir quand elle l'estime nécessaire (pour expliciter la tâche demandée, débloquer l'élève, pour obtenir une précision sur ce qui a été fait ...). Il ne faut pas perdre de vue que les machines ne sont utilisées que depuis le début du mois de Janvier.

La personne qui observe essaye de noter les actions et réactions de l'élève dans le détail :

- aisance dans la manipulation des touches,
- aisance dans la navigation dans les menus,
- utilisation de raccourcis clavier,
- aisance dans l'interprétation des messages d'erreur,
- aisance dans l'interprétation des résultats .

Dans l'application principale :

- le contrôle systématique ou non du résultat affiché après la frappe (*Enter*),
- les problèmes de parenthésages,
- l'aptitude à rappeler un ancien résultat.

En géométrie :

- aisance à définir les objets,
- aisance à nommer les objets,
- aisance à déplacer les objets,
- indices liés à une conscience de la dépendance des objets (lors de l'effacement, par exemple),
- résistance d'une propriété au déplacement.

Prévoir, après les entretiens, un temps de mise en commun entre les binômes pour échanger toute information qui paraît intéressante, en particulier les observations de ceux qui ont mené l'entretien et les interprétations qui seront vite oubliées si elles ne sont pas immédiatement notées.

Quelques remarques et commentaires sur les exercices proposés

Configuration des machines : ne pas oublier de vérifier la configuration des machines rétroprojectables : mode exact et FIX 2 par exemple ($n \neq 4$),

[WINDOW] : $x_{\min}=-5$, $x_{\max}=5$, $y_{\min}=-2$, $y_{\max}=5$

EXERCICE n°1

2^{ème} calcul : si les élèves disent donner le résultat papier crayon (P/C) sous la même forme, leur demander un résultat avec développement du numérateur.

Si pour le calcul approché ils retapent $30 + \frac{3}{3 + \frac{3}{5}}$, leur demander, pour le second calcul,

d'aller chercher soit l'expression tapée, soit le résultat obtenu précédemment.

Remarque : dans le 2^{ème} calcul proposé soit l'élève tape **Enter** et le résultat obtenu présente une factorisation au numérateur (dans ce cas on peut penser que le résultat n'est pas celui qui est attendu) soit l'élève utilise une fonctionnalité comme **Expand** ou **Comdenom**, et dans ce cas on peut penser que le résultat est celui qui est attendu. La question porte sur la **forme** du résultat plus que sur la présence de tel ou tel nombre.

Dans les observations que nous avons faites, nous avons constaté que, d'une façon générale, les élèves étaient rarement surpris des résultats obtenus en ce sens que, "par définition", tout ce que fait la machine est "correct" voire "normal"... puisqu'elle le fait !

EXERCICE n°2

Dans cet exercice la factorisation obtenue à partir du développement n'a pas la forme de la factorisation initiale, le leur signaler au cas où ils ne manifesteraient aucun étonnement.

Remarque : comme dans l'exercice n°1, il n'est pas évident que les élèves soient étonnés de rencontrer deux formes différentes d'une même expression étant donné la confiance qu'ils accordent à la machine mais aussi parce qu'ils ont déjà rencontré cette propriété lors des premiers TP. Il s'agit alors d'observer les procédures, non pas pour démontrer l'égalité, mais pour la contrôler, la vérifier. Deux types de procédures sont attendus : calcul de la différence ou bien application de la même fonctionnalité (**Expand** par exemple) aux deux expressions de formes différentes.

EXERCICE n°3

Bien noter que les élèves ne manipulent pas encore **Window** avec aisance, d'où la nécessité de bien configurer les machines.

Dans le cas où les élèves n'utiliseraient pas **Define** pour calculer $f(5)$, leur demander de le faire pour $f(\sqrt{2})$.

*Remarque : en classe, seule la commande **Define** a été utilisée pour définir $f(x)$, il serait intéressant de voir si certains élèves utilisent **Sto** malgré tout.*

EXERCICE n°4

Remarque : tous les points de la figure sont soit sur le cercle, soit à l'intérieur. Suivant le choix des points C et D ainsi que E et F , on obtient des droites (OI) et (CE) qui sont parallèles ou perpendiculaires.

Les élèves ont peu manipulé CABRI, il ne faudra donc pas être étonné de leurs difficultés éventuelles.

Les informations recueillies

Nous devons signaler les difficultés méthodologiques rencontrées lors de ces entretiens. En effet, la plupart des personnes qui sont intervenues dans ces entretiens ne connaissaient pas suffisamment le contexte d'expérimentation de la classe. Par exemple l'application Graph avait été peu abordée auparavant, c'est pourquoi les seules questions posées concernaient le tracé d'une représentation graphique et la recherche d'un minimum (cf. exercice 3). Il avait bien été précisé dans les consignes que la fenêtre était donnée et qu'aucune manipulation de fenêtre n'avait été réalisée. Cependant des questions concernant le choix de fenêtrage ont été posées au cours des entretiens. L'on peut également noter des questions concernant le mode d'affichage dans l'application Graph (distinction entre le mode affiché au bas de l'écran et le mode d'affichage des résultats), questions peu pertinentes dans le contexte d'un premier contact avec l'application, compte-tenu du fait que ces élèves n'ont jamais manipulé de calculatrices graphiques.

Le temps consacré à ce type de questions ou à la découverte de nouvelles fonctionnalités (comme par exemple f_{min} dans l'application principale) a empêché de pouvoir aborder les questions de l'exercice 4 concernant l'application Geometry, la durée des entretiens ayant été fixée à une demi-heure. Plus généralement, les interlocuteurs n'ont pas toujours respecté les consignes qui leur avaient été données : en effet, certains d'entre eux ont centré leurs questions plus sur les connaissances mathématiques que sur *les connaissances des fonctionnalités de l'outil* (en particulier débat sur les formes exactes et approchées qui avaient été peu abordées en classe ¹ et non sur l'effet des différentes fonctionnalités sur les formes factorisées et développées).

¹ Ces notions n'avaient pas été étudiées en tant que telles, mais plutôt pour montrer les erreurs qu'elles pouvaient entraîner.

Enfin, l'intervention éventuelle de l'interlocuteur pour débloquer ou demander un éclaircissement à l'élève en train de manipuler, telle qu'elle avait été suggérée dans les consignes, s'est parfois transformée en un questionnement propre à déstabiliser l'élève en difficulté.

Les comptes-rendus d'entretiens qui figurent en annexe sont par conséquent très hétérogènes. Leur contenu soulève des problèmes intéressants, mais il n'est pas toujours aisé d'y recueillir les informations recherchées a priori qui ont été énumérées dans le paragraphe "méthodologie des entretiens". En particulier, l'on trouvera très peu d'informations sur l'application Geometry.

Dans ce qui suit, nous avons tenté pour chaque élève de présenter un tableau récapitulatif des informations a priori recherchées. Nous y ajoutons les informations qui nous ont semblé les plus intéressantes, même si elles ne se situent pas dans le cadre délimité a priori.

Elève E1

L'élève E1 réussit sans problème à faire les calculs des deux premiers exercices. Quand elle oublie une parenthèse, elle sait interpréter le message d'erreur. Elle sait calculer une valeur approchée et changer le nombre de décimales. Quand elle se trompe, elle sait où contrôler ce qu'elle a tapé. Elle préfère retaper en cas d'erreur, plutôt que de corriger l'expression. Elle sait utiliser à bon escient les commandes *Factor*, *Expand*.

Pour l'exercice 3, elle sait utiliser la commande *Define*, calculer la valeur d'une fonction en un point et entrer une fonction dans l'éditeur de fonctions (elle propose même de taper $f(x)$ au lieu de son expression). Elle sait chercher une commande dans les menus. La commande *Minimum* lui pose des problèmes, elle ne sait pas qu'il faut donner les bornes d'un intervalle.

Pour l'exercice de construction géométrique, elle construit sans problème le cercle et deux points du cercle et déplace un point à la demande de l'interlocuteur. Elle construit également le milieu d'un segment, nomme les points. Elle a compris que, quand on efface un objet, ceux qui en dépendent s'effacent aussi.

Par rapport aux objectifs de l'entretien :

Connaissance générale de la TI 92 :	
aisance dans la manipulation des touches :	+
aisance dans la navigation dans les menus :	+
utilisation des raccourcis clavier :	-
aisance dans l'interprétation des messages d'erreur :	+
aisance dans l'interprétation des résultats :	+
Dans l'application principale :	
les problèmes de parenthésage :	+
le contrôle systématique ou non de la frappe :	+
l'aptitude à rappeler un ancien résultat :	+
En géométrie :	
aisance à définir les objets :	+
aisance à nommer les objets :	+
aisance à déplacer les objets :	+
indices liés à une conscience de la dépendance des objets (lors de l'effacement, par exemple).	+

Dans l'exercice 2, la forme obtenue en factorisant, puis développant, était identique à la forme initiale avec la machine dont disposait l'élève¹ : la question posée n'avait donc plus de sens.

Dans l'exercice 3, notons une difficulté déjà repérée durant le TP 5 (approche graphique) dans l'interprétation du résultat donné par la commande **Minimum** dans l'application Graph

I : Lisez le message. (I désigne l'interlocuteur)

E1 : $x_c = -3,33...$ $y_c = 0,6 ...$

I : C'est quoi le minimum la 1^{ère} ou la 2^{ème} ?

E1 : *Le minimum est x_c*

Remarquons cependant que l'introduction de la notion de fonction étant relativement récente, l'élève E1 ne semble pas avoir encore réalisé que la valeur de la fonction est donnée par y_c .

Il est clair qu'en seconde la notion de minimum est en cours d'acquisition. De plus, dans les manuels, la terminologie est telle qu'elle contribue à accroître la confusion puisque l'on trouve souvent "f admet un minimum en $x = x_0...$ " sans que ce minimum soit nécessairement nommé. La confusion entre abscisse et ordonnée, très peu identifiable tant qu'il s'agit de points isolés, apparaît plus fréquemment dans un travail global sur les courbes. La commande **Minimum** nécessite, pour

¹ Machine rétroprojetable de la première génération...

être interprétée correctement, une compréhension de la signification d'une représentation graphique qui n'est pas encore acquise chez tous les élèves de seconde.

En résumé, cette élève qui ne considérait pas a priori que l'ordinateur pouvait être utile pour apprendre des Mathématiques, a fait un réel investissement personnel durant ces deux mois. En particulier, elle s'est appropriée toute seule les bases de l'application Geometry, puisqu'à ce moment de l'année cette application a fait l'objet d'une seule séance en classe et d'un seul devoir à la maison.

Elève E2

L'élève E2 a un profil réellement différent : même si elle se débrouille relativement avec les fonctionnalités de la machine ¹, elle oublie très vite leur rôle. En effet, les résultats qu'elle obtient ont peu de sens pour elle. Elle sait que ses connaissances mathématiques sont faibles (rappelons qu'elle dit *je trouve déjà les maths difficiles en eux-mêmes alors un ordinateur en plus, cela ne peut faire que nous embrouiller encore plus*). Elle a donc de réelles difficultés pour interpréter les résultats de la machine ; à titre d'exemple au début de l'exercice 3, elle commence sans aucune hésitation :

E2 : *On prend define*

L'élève entre la fonction. La machine affiche Done.

I : Message d'erreur ?

E2 : *Je ne sais pas, je me suis trompée.*

I : Ok, on continue, que signifie ce qui est écrit en bas à droite ?

E2 : *Que la machine ne peut pas le faire ?*

I : Que la machine ne peut pas faire quoi ?

E2 : *Le calcul que je lui ai demandé.*

I : Define fait faire un calcul ?

ça signifie que la machine a défini la fonction.

Que veut dire Done ?

E2 : ??

I : Que c'est fait ! Done = participe passé de to do.

E2 : *D'accord donc si on remplace x par un chiffre.*

I : f(5) ?

E2 : *On met 5 à la place de x.*

L'élève a retapé toute l'expression avec 5 au lieu de f(5), de plus elle a tapé :

$$\text{Define } f(5) = 3 \times 5^2 + 2 \times 5 + 1.$$

¹ Elle sait par exemple utiliser la commande zoom.

- E2 : *Il ne fallait pas mettre le =*
- I : Pourquoi reprenez-vous Define ?
Define signifie qu'on donne à la machine une expression de la fonction !
On lui dit $f(x)$ c'est égal à $3x^2 + 2x + 1$ et ... et après pour calculer la fonction pour $x = 5$, que fait-on ?
- E2 : *Ah oui on enlève Define, on retape le calcul $3x^2 + 2x + 1$.*
- I : Il n'y a pas de moyen plus simple pour calculer, pour trouver la valeur pour $x = 5$?
- E2 : *On met $f(5)$ puis entrée.*

Il semble clair, dans ce cas, que le rôle de la commande **Define** n'a pas été assimilé ; la possibilité de calculer la valeur de la fonction par $f(5)$ ne paraît pas liée, pour cette élève, à l'utilisation de la commande **Define**. A aucun moment, l'interlocuteur n'aura pu faire calculer à l'élève E2 une valeur approchée. Elle sait où contrôler le résultat qu'elle a tapé, mais elle aussi préfère retaper en cas d'erreur, plutôt que de corriger l'expression. Elle construit sans problème, dans l'exercice 4, le cercle et le segment (en fait elle construit un diamètre, et prend donc O comme milieu). Elle sait également déplacer un objet.

Par rapport aux objectifs de l'entretien :

Connaissance générale de la TI 92 :	
aisance dans la manipulation des touches :	+
aisance dans la navigation dans les menus :	+
utilisation des raccourcis clavier :	-
aisance dans l'interprétation des messages d'erreur :	-
aisance dans l'interprétation des résultats :	-
Dans l'application principale :	
les problèmes de parenthésage :	+/-
le contrôle systématique ou non de la frappe :	+
l'aptitude à rappeler un ancien résultat :	+
En géométrie :	
aisance à définir les objets :	+
aisance à nommer les objets :	+
aisance à déplacer les objets :	+
indices liés à une conscience de la dépendance des objets (lors de l'effacement, par exemple) :	?

Si l'élève E2 dit souvent *je ne sais pas* ou *j'ai oublié*, elle n'est pas pour autant inactive : par exemple, pour tester l'égalité de deux expressions, elle propose une stratégie intéressante qui consiste à appliquer la commande *Factor* aux deux expressions.

Hors du contexte de la calculatrice, le terme "développer" n'a pas de signification bien claire pour l'élève E2 :

I : Si on voulait le développer comment ferait-on ?

E2 : *On multiplie en haut par le même chiffre qu'en bas.*

I : Expression en haut effectuée ??

E2 : *Je développe le haut.*

I : Comment ?

E2 : *Je vais dans 42 je prends Expand.*

...

I : On passe à la valeur approchée avec les décimales

E2 : *On prend Com.Denom.*

I : Et la valeur approchée de $\sqrt{2}$ par exemple ?

E2 : *Je la développe !*

I : $\sqrt{2}$!

E2 : *Je ne sais pas.*

Ainsi, suivant le contexte, "développer" est interprété comme "simplifier" ou "passer à la valeur approchée".

En ce qui concerne la recherche du minimum de la courbe dans l'exercice 3, l'élève E2 cherche avec la commande *Trace* :

I : Et le minimum ?

E2 : *ça continue ? Je ne comprends pas.*

I : Que regardez-vous comme nombres ? Celui de gauche ou celui de droite ?

E2 : *Les deux ?*

I : Vous cherchez le minimum pour celui de gauche ou de droite ?

A gauche ou à droite ?

E2 : *A droite ... à gauche ?*

I : ?

E2 : *A gauche !*

Suit alors un dialogue où l'interlocuteur demande à l'élève quelle relation il y a entre x_c et y_c et, entre autres, comment on peut calculer $f(x_c)$. Elle propose de calculer $f(x_c)$ (sous-entendu en repassant dans l'application initiale), mais ne peut pas exprimer que $y_c = f(x_c)$.

En résumé, cette élève qui a conscience de ses difficultés en Mathématiques, a elle aussi fait un investissement personnel (elle a su réaliser la construction géométrique, elle sait utiliser la commande **Zoom**). Ce que produit la machine n'a pas grand sens pour elle, cela n'induit cependant aucun questionnement personnel. Dans ces conditions, il paraît peu probable que la calculatrice puisse l'aider à surmonter ses difficultés mathématiques.

Elève E3

Cette élève, qui a suivi un club informatique, était a priori relativement neutre par rapport à l'utilisation d'un ordinateur en mathématiques. Elle a des difficultés avec la manipulation de la commande **Expand** telle qu'elle apparaît avec une parenthèse ouvrante, pourtant plusieurs commandes de ce type ont été manipulées en classe. L'élève E3 utilise la commande **Define**, sait changer de mode, mais ne sait pas comment faire pour changer le nombre de décimales. Elle a également des problèmes pour passer d'une application à une autre ou sortir d'une fenêtre : elle éteint sa calculatrice ! De même, dans l'application Geometry, elle a des difficultés pour construire une droite passant par deux points donnés.

Par rapport aux objectifs de l'entretien :

Connaissance générale de la TI 92 :	
aisance dans la manipulation des touches :	+
aisance dans la navigation dans les menus :	-
utilisation des raccourcis clavier :	?
aisance dans l'interprétation des messages d'erreur :	-
aisance dans l'interprétation des résultats :	-
Dans l'application principale :	
les problèmes de parenthésage :	- -
le contrôle systématique ou non de la frappe :	-
l'aptitude à rappeler un ancien résultat :	-
En géométrie :	
aisance à définir les objets :	-
aisance à nommer les objets :	+
aisance à déplacer les objets :	
indices liés à une conscience de la dépendance des objets (lors de l'effacement, par exemple).	- (lors de la création)

Remarquons que cette élève a des difficultés dans le parenthésage. Elle ne connaît pas bien le sens des mots "développé", "factorisé". Elle ne sait pas reconnaître une valeur exacte d'une valeur approchée, sauf par lecture sur l'écran du mode de la calculatrice, il semble que le signe "-" puisse avoir également une influence. Elle n'a aucune idée pour vérifier l'égalité de deux expressions, alors que cela a été réalisé en classe.

En résumé, cette élève a beaucoup de difficultés : elle dit très souvent *je me suis trompée, je me suis plantée*. Un certain nombre d'entre elles sont révélatrices de connaissances lacunaires ou incorrectes d'ordre mathématique plus que technologique. Cela dit, elle connaît effectivement moins bien la TI 92.

Elève E4

Cette élève, qui n'a pas suivi de club informatique, était également neutre par rapport à l'utilisation d'un ordinateur en Mathématiques. Elle sait changer de mode, mais ne sait pas changer le nombre de décimales. Elle connaît la commande **Define**, mais ne retraduit pas spontanément x^2 en $x^{\wedge}2$. Elle sait interpréter les messages d'erreur et faire tracer la représentation graphique d'une fonction. L'exercice 4 de géométrie n'a pas été abordé.

Par rapport aux objectifs de l'entretien :

Connaissance générale de la TI 92 :	
aisance dans la manipulation des touches :	+
aisance dans la navigation dans les menus :	+
utilisation des raccourcis clavier :	?
aisance dans l'interprétation des messages d'erreur :	+
aisance dans l'interprétation des résultats :	+/-
Dans l'application principale :	
les problèmes de parenthésage :	-
le contrôle systématique ou non de la frappe :	-
l'aptitude à rappeler un ancien résultat :	+

D'un point de vue plus mathématique, l'élève E4 semble bien comprendre le rôle des parenthèses, même si elle les oublie souvent. Elle sait faire la différence de deux expressions pour voir si elles sont égales, mais devant un résultat non nul ne sait pas proposer une autre piste.

La signification qu'elle attribue au terme de "facteur" semble ambiguë, en effet, observant deux formes différentes de la même expression dans l'exercice 2, l'élève E4 dit :

E4 : *C'est pas pareil, on retrouve les mêmes facteurs mais pas dans la même forme.*

Or ce qu'elle désigne ne sont pas des facteurs, formellement parlant ; c'est l'indice d'une difficulté à désigner clairement les expressions et leurs caractéristiques. Elle est ensuite étonnée par le résultat suivant de la commande **Factor** :

$$\frac{\sqrt{6} (\sqrt{6}x - 3) (\sqrt{6}x - 2)}{6}$$

I : Est-ce le résultat que vous attendiez ?

E4 : *Tous ces nombres. C'est bizarre qu'il y a tant de nombres.*

Je vois pas d'où ça peut bien venir. Je vois pas trop ce qui se passe.

Vu son étonnement, il semble que la factorisation, même hors du contexte de la calculatrice, n'ait pas un sens bien précis pour l'élève E4. Cependant elle semble perturbée par les racines carrées, car elle a auparavant obtenu en mode approché :

$$2.4495 x^2 - 5.000 x + 2.4495$$

mais déclare préférer 2.4495 à $6\sqrt{6}$ parce qu'il n'y a pas de racine (!)

Pour elle aussi, la reconnaissance d'une valeur exacte hors du contexte mathématique est impossible, ses réponses sont complètement liées au mode affiché :

$$f(\sqrt{2}) = 2\sqrt{2}+7$$

I : Juste, approché ?

E4 : *Pour moi, "exact" parce qu'on est dans un mode exact.*

... ensuite, dans l'application graphique

I : Approché / exact ?

E4 : *Exact : c'est quand il y a plein de nombres après la virgule.*

Dans l'application Graph, le calcul est toujours approché, même si le mode affiché, qui est le mode courant, est exact.

En résumé, l'élève E4, même si elle manipule relativement bien, a des difficultés liées à ses lacunes mathématiques.

Elève E5

Cet élève, qui a suivi un club informatique et s'est déclaré favorable à l'utilisation d'un ordinateur en Mathématiques, est le seul élève qui possède une calculatrice graphique. Il vérifie le mode avant d'aborder le premier exercice, parce qu'il veut calculer en mode exact. Il sait utiliser les commandes factor et expand, le changement du nombre de décimales. Il a des habitudes personnelles qui indiquent une utilisation régulière de la calculatrice : afin de limiter les erreurs de frappe, il entre les données en plusieurs fois, ce qui lui permet de contrôler pas à pas. L'interlocuteur, qui n'apprécie pas cette procédure, aura du mal à la déstabiliser, ce qui confirme qu'elle est bien installée. De même, l'élève E5 tape souvent les fonctionnalités au lieu d'aller les chercher dans les menus. S'il contrôle bien sa frappe, il n'a pas de procédure de contrôle du résultat affiché. Bien que possesseur d'une calculatrice graphique, il ne maîtrise pas le fenêtrage (rappelons qu'il n'a pas été abordé en classe) et ne connaît pas non plus la fonctionnalité **Minimum** dans Graph. L'application Geometry n'a pas été abordée.

Par rapport aux objectifs de l'entretien :

Connaissance générale de la TI 92 :	
aisance dans la manipulation des touches :	+
aisance dans la navigation dans les menus :	+
utilisation des raccourcis clavier :	-
aisance dans l'interprétation des messages d'erreur :	?
aisance dans l'interprétation des résultats :	+
Dans l'application principale :	
les problèmes de parenthésage :	+
le contrôle systématique ou non de la frappe :	+
l'aptitude à rappeler un ancien résultat :	+

Cet élève n'a pas de problème de parenthésage, les notions de valeur approchée paraissent mieux installées. Cependant, il semble y avoir une confusion entre le mode auto et approché de la calculatrice :

E5 : *0,3478 est une valeur approchée car 8 est un nombre arrondi, mais en mode approché on peut quand même avoir parfois des valeurs exactes, exemple cinq demi.*

Lors de la recherche du minimum (exercice 3) dans l'application Graph, voici la réaction de l'élève :

Le résultat donné par la calculatrice est :

$x_c : -,3333$ $y_c : ,6667$

E5 : *Moins zéro virgule trois... moins un tiers.*

Après modification et passage en fix 5, il y a encore un autre nombre après la virgule, donc -,3333 est une valeur approchée. Mais l'idée persiste que moins un tiers doit être la valeur du minimum. L'interlocuteur suggérera la vérification avec la commande fmin.

Auparavant, l'élève n'ayant pas trouvé de moyen de comparer les deux expressions de l'exercice 2, l'interlocuteur lui a demandé de comparer $\sqrt{10}$ et π . L'élève a fait effectuer la différence des deux expressions en mode approché.

E5 : *Si les valeurs approchées sont égales, les expressions sont égales.*

L'élève récupère la différence en mode exact. Sur l'intervention de l'interlocuteur, la réponse deviendra moins catégorique, et, après un retour sur $\sqrt{10}$ et π , il calculera la différence des 2 nombres en mode exact.

En résumé, cet élève donne l'impression d'une maîtrise correcte et aisée des fonctionnalités qui sont testées (touches, menus, clavier, rappel d'un résultat antérieur), et certaines procédures personnelles déjà installées attestent une utilisation régulière. Par contre les résultats obtenus avec la machine ne font pas encore l'objet de vérification.

Elève E6

Cet élève, qui n'a pas suivi de club informatique, est lui aussi favorable à l'utilisation d'un ordinateur en Mathématiques. Il commence également par contrôler qu'il est en mode exact, il n'a pas de problème de parenthésage et sait calculer en mode approché, changer le nombre de décimales, récupérer les expressions antérieures. Il sait régler la fenêtre pour obtenir une meilleure représentation, bien que ce point n'ait pas été abordé en classe. Il connaît l'existence de la commande *Minimum*, mais ne connaît pas son fonctionnement exact (l'interlocuteur doit lui rappeler qu'il doit donner les bornes d'un intervalle). Contrairement à l'élève E5, il recherche les fonctionnalités dans les menus et ne les tape pas directement. L'application Geometry n'a pas été abordée.

Par rapport aux objectifs de l'entretien :

Connaissance générale de la TI 92 :	
aisance dans la manipulation des touches :	+
aisance dans la navigation dans les menus :	+
utilisation des raccourcis clavier :	-
aisance dans l'interprétation des messages d'erreur :	+
aisance dans l'interprétation des résultats :	+
Dans l'application principale :	
les problèmes de parenthésage :	+
le contrôle systématique ou non de la frappe :	+
l'aptitude à rappeler un ancien résultat :	+

Même s'il ne contrôle pas spontanément le résultat affiché par la machine, cet élève est capable de le faire à la demande. Ainsi, dans l'exercice 1, il explique à la demande de l'interlocuteur pourquoi le résultat comporte des termes sans radical.

De même, dans l'exercice 2 où l'on a développé, puis factorisé une expression, il est le seul élève à anticiper le résultat et à être surpris :

E6 : *On aurait dû retrouver l'expression initiale.*

Mais il n'est pas déstabilisé pour autant :

E6 : *Plusieurs factorisations sont toujours possibles.*

Il écrit sur sa fiche :

$$a^2 - b^2 = (a+b)(a-b) \text{ et } \frac{2(a+b)(a-b)}{2}$$

Pour vérifier que les 2 expressions étudiées dans l'exercice 2 sont égales, l'élève propose de le faire à la main ou d'utiliser **Expand**. L'interlocuteur demande s'il y a une autre possibilité. Il demande comment ferait l'élève pour comparer a et b , $\sqrt{10}$ et π . Après un moment de réflexion :

E6 : *On pourrait calculer la différence et observer le signe.*

Dans l'exercice 3, quand l'interlocuteur lui demande de s'assurer que la fonction est bien entrée, il tape immédiatement $f(0)$ et déclare :

E6 : *Résultat 1, oui, c'est juste !*

Il y a donc eu une vérification mentale immédiate.

En ce qui concerne la distinction valeur exacte / approchée, l'élève E6 a la même réaction que l'élève E5 face à l'affichage des coordonnées du minimum dans l'application Graph :

Le résultat donné par la calculatrice est :

xc : -,3333 yc : ,6667

E6 : *Le minimum est un point à coordonnées approchées : moins trois mille trois cent trente trois, cela peut faire moins un tiers.*

L'interlocuteur fait observer la virgule, ainsi que l'indication mode exact qui apparaît sous le graphique. Indécision de l'élève :

E6 : *Mode exact, je sais pas, pourtant valeur approchée.*

L'interlocuteur demande si l'on peut avoir une valeur exacte.

E6 : *La valeur du minimum, peut faire $-\frac{1}{3}$ mais on ne peut pas affirmer que c'est $-\frac{1}{3}$.*

L'attitude de l'élève E6 est ici différente de celle de l'élève E5 : il relève la contradiction avec le mode affiché, mais sait pertinemment que la valeur est approchée, il ne peut donc pas affirmer que sa conjecture sur la valeur $-\frac{1}{3}$ est vraie.

En résumé, l'élève E6 estime se servir et connaître normalement sa calculatrice par rapport aux autres élèves de la classe. Il donne effectivement l'impression d'une maîtrise correcte et aisée des fonctionnalités qui sont testées (touches, menus, clavier, rappel d'un résultat antérieur). Mais surtout, même s'il ne vérifie pas systématiquement les résultats affichés par la machine, il semble avoir des connaissances mathématiques suffisantes pour ne pas être déstabilisé par une contradiction apparente et pouvoir la lever en mettant en oeuvre des procédures adéquates.

Synthèse des informations recueillies

Parmi ces élèves qui n'étaient pas, pour la plupart d'entre eux, convaincus que l'ordinateur peut aider à comprendre une notion en Mathématiques, tous ont fait un réel effort, au cours de ces deux mois, pour s'approprier cet outil complexe. Le club informatique ne paraît pas être un facteur déterminant dans cette appropriation, cependant le questionnaire 1 mettait en évidence que ces élèves n'avaient jamais utilisé de logiciels de Mathématiques (sauf l'élève E5 qui avait utilisé une ou deux fois Cabri). Seule une élève (Elève E3) a des difficultés de navigation dans les menus.

L'interprétation des messages d'erreur ne pose pas trop de problèmes, il faut cependant remarquer que l'enseignant a constamment attiré leur attention sur l'importance de ceux-ci. Par contre, l'utilisation des raccourcis clavier est inexistante, mais elle n'a jamais été utilisée par

l'enseignant. En ce qui concerne le contrôle du résultat tapé et la réutilisation des anciens résultats, les élèves, même s'ils savent le faire, ne le font pas systématiquement.

Le parenthésage semble ne pas poser de problèmes (sauf pour les élèves E2 et E3) : si une erreur a été faite à la frappe, elle est corrigée sans difficulté. C'est un point qui a été travaillé en classe assez longuement durant les premiers TP (d'abord avec la calculatrice classique, puis avec la TI 92 par la suite). Par contre, l'exercice 2 confirme les difficultés observées durant les TP 2 et TP 3 : les bases de troisième sont fragiles, voir insuffisantes ; en effet, les élèves savent utiliser les commandes **Factor** et **Expand**, mais ne savent pas réellement ce qu'est une forme factorisée ou développée. Seul l'élève E6 anticipe, dans l'exercice 2, l'égalité attendue entre l'expression de l'énoncé et la factorisation de son développement par la machine. Et, malgré l'institutionnalisation (effectuée après le TP3) de procédures pour vérifier que deux expressions sont égales, elles sont rarement mises en oeuvre dans ces entretiens¹.

De même, les élèves ne cherchent pas spontanément un contrôle des résultats affichés par la machine, bien qu'ils aient intégré le fait qu'une calculatrice peut afficher des résultats faux (cf. réponses aux questionnaires 1 et 2).

Du point de vue des connaissances mathématiques, la calculatrice a révélé deux lacunes importantes :

– d'une part, la recherche du minimum de la courbe dans l'exercice 3 met en évidence que l'interprétation du résultat peut poser des difficultés à des élèves de seconde : même s'ils savent déterminer graphiquement le minimum avec la fonction Trace, ils n'ont pas toujours clairement conscience que les résultats affichés sont les coordonnées d'un point et qu'ils sont donc liés par la fonction représentée. L'apprentissage des fonctions est récent (TP 5) et il n'y a pas eu de travail spécifique sur le passage entre les cadres algébrique et graphique qui viennent juste d'être abordés.

– d'autre part, la distinction entre valeur exacte et approchée qui pose problème pour une grande majorité des élèves. Si les élèves de cette classe ont appris à changer le mode d'affichage des nombres, ils ne savent pas reconnaître pour la plupart d'entre eux une valeur exacte ou approchée autrement qu'en contrôlant le mode affiché. Il est clair qu'un travail spécifique en classe intégrant les différents modes de calcul de la TI 92 devrait être mené sur ce thème.

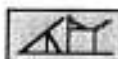
¹ On peut quand même constater que les deux élèves (sur les 6) qui ont choisi l'orientation en 1^{ère} S ont parfaitement assimilé ces méthodes.

Compte-tenu des problèmes de méthodologie mentionnés auparavant (cf. § les informations recueillies), nous avons très peu d'informations relatives à l'application Geometry ; cependant, bien qu'elle ait été peu travaillée en classe, une des trois élèves interrogées a réussi à s'approprier les bases de cette application.

A l'issue de ces entretiens, il s'avère que, au delà de l'apprentissage des fonctionnalités de la machine, ce sont fréquemment les lacunes du point de vue Mathématique qui font obstacle. Une bonne manipulation de cette calculatrice exige que l'élève attribue une signification mathématique aux différentes fonctionnalités et que, face à un résultat inattendu, il y ait un certain questionnement : c'est une condition qui paraît nécessaire pour que l'intégration des calculatrices ait un effet positif sur la construction des connaissances. Les élèves les plus faibles ne paraissent pas encore être entrées dans une telle démarche. Cependant, dans les réponses au questionnaire 2 passé quelques semaines plus tard, ces mêmes élèves ont déclaré avoir été aidées par la calculatrice pour comprendre une notion mathématique. Il s'agit de l'étude du signe d'une expression qui constitue un bon exemple de changement de cadre qui s'est opéré "naturellement" dans la classe. En effet, l'étude graphique et algébrique du signe d'une expression ont été menées simultanément, ce qu'il n'est pas possible de faire habituellement (sauf pour des exemples simples). Par conséquent, les élèves ont eu immédiatement à leur disposition deux représentations du signe, enfin les exemples traités avec les produits et racines carrées posaient de réelles questions d'interprétation et ont donc constitué véritablement des défis pour les élèves.

B LES DERNIERS ENTRETIENS

1. TEXTE DES ENTRETIENS



TI 92 : ENTRETIEN N°2

Texte élève

Les affirmations suivantes sont soit VRAIES, soit FAUSSES.

Utiliser la TI 92 pour dire si elles sont VRAIES ou FAUSSES.

Dans le cadre de ces questions on ne mettra pas en doute les résultats fournis par la machine.

- [1] L'équation $x^3 - 2x^2 - 9x + 18 = 0$ a trois solutions dont deux négatives.
- [2] L'équation $2x^2 - 2x - 13 = 0$ a une solution comprise entre 3 et 4.
- [3] $-3x + 2 \leq 0$ a pour ensemble de solutions l'intervalle $]-\infty, \frac{2}{3}]$.
- [4] L'intervalle $]1, 3[$ est l'ensemble des solutions de l'inéquation $x^2 - 4x + 3 \leq 0$.
- [5] On pose $f(x) = \sqrt{2x^2 - 3x + 1}$. La fonction f est définie sur $\mathbb{R}^+$.
- [6] La fonction f définie par $f(x) = |2x - 1| - |x + 1|$ a un minimum égal à $-1,5$.
- [7] L'intervalle $[-2, -1]$ est l'ensemble des solutions de l'équation $|x + 1| + |x + 2| = 1$.

2. A PROPOS DES ENTRETIENS

Nous avons signalé dans le paragraphe C de la quatrième partie (résultats du questionnaire bilan) que les élèves, bien qu'ils soient convaincus que la calculatrice est un outil pour contrôler les résultats, ne l'utilisent pas beaucoup dans ce contexte. Nous avons donc émis l'hypothèse que la

démarche de validation n'est pas naturelle chez ces élèves et qu'elle ne s'est pas développée au cours de l'expérimentation, compte tenu du fait qu'aucun travail spécifique sur les procédures de validation n'avait été prévu.

C'est pourquoi les entretiens ont été menés dans le but de tester les procédures de validation dont les élèves disposaient pour décider si une assertion est vraie ou fausse. Afin de ne pas perturber les élèves et bien qu'ils n'aient pas rencontré de résultat erroné au cours de leur expérience avec la TI 92, nous avons tenu à préciser que les résultats de la machine n'étaient pas à mettre en doute (rappelons qu'un module sur leur propre calculatrice leur avait fait prendre conscience qu'une machine peut afficher des résultats faux).

Quelques remarques et commentaires sur les exercices proposés à l'attention des personnes conduisant l'entretien

Le but de ces entretiens est essentiellement d'étudier si les élèves, après 6 mois d'utilisation de la machine, sont capables de se servir de la TI 92 pour valider un résultat. Pour cela les questions proposées s'articulent autour de trois cadres : algébrique, numérique et graphique. Suivant les cas, il faudra provoquer les changements de cadres pour étudier les interprétations proposées.

1 *L'équation $x^3 - 2x^2 - 9x + 18 = 0$ a trois solutions dont deux négatives.*

- L'affirmation est fausse.
- Cette question ne pose pas de difficulté particulière et sert d'introduction aux entretiens. On pourra simplement observer si le texte est correctement lu ou non.
- Les solutions sont 2, 3 et -3.
- Pas de consigne, ni de remarque particulière.
- On ne demandera pas d'interprétation graphique.

2 *L'équation $2x^2 - 2x - 13 = 0$ a une solution comprise entre 3 et 4.*

- L'affirmation est vraie.
- Les solutions sont $x_1 = \frac{3\sqrt{3}+1}{2}$ et $x_2 = \frac{-(3\sqrt{3}-1)}{2}$ dont les valeurs approchées sont :
 $x_1 = 3,0980...$ et $x_2 = -2,09807...$
- Le passage aux valeurs approchées n'est pas nécessaire, un raisonnement sur chacune des solutions est possible. On demandera cependant comment on peut obtenir les valeurs approchées avec la machine (soit avec $\blacklozenge$ puis *Solve* ou en retapant les valeurs et $\blacklozenge$).

ENTER). On pourra à cette occasion revenir sur les notions de valeurs exactes et approchées.

3 $-3x + 2 \leq 0$ a pour ensemble de solutions l'intervalle $] -\infty, \frac{2}{3}]$.

- L'affirmation est fausse.

Plusieurs réactions sont possibles de la part des élèves :

- Utilisation de **Solve** et interprétation du résultat : c'est peu probable, car nous n'avons pas résolu de telles inéquations avec la machine.
- Résolution de l'équation $-3x + 2 = 0$ (c'est ce que font souvent les élèves en difficulté), puis énoncé d'un soi-disant théorème "ça commence par un moins donc c'est plus puis moins..." ou toute autre forme de ce type.
- "La machine est inutile..., je peux le faire mentalement" ; les consignes proposées rendent cette réponse peu probable.
- Passage "naturel" à la représentation graphique.
- Sauf dans le dernier cas, on incitera les élèves à utiliser le cadre graphique pour trouver et interpréter le résultat.

4 L'intervalle $] 1,3 [$ est l'ensemble des solutions de l'équation $x^2 - 4x + 3 \leq 0$.

- L'affirmation est fausse (l'ensemble des solutions est $[1,3]$).

Quelques stratégies possibles de la part des élèves :

- Utilisation de **Define** et calcul de $f(2)$, $f(2,5)$, etc.
- Même stratégie, mais sans passer par **Define**.
- Essai d'utilisation de **Solve** (voir **3**).
- Construction de la courbe et interprétation.

5 On pose $f(x) = \sqrt{2x^2 - 3x + 1}$. La fonction f est définie sur $\mathbb{R}^+$.

- L'affirmation est fausse.
- Aider les élèves pour lesquels l'expression "est définie sur $\mathbb{R}^+$ " pose des problèmes de compréhension.
- Seule une approche graphique permet de donner des éléments de réponse en seconde. A la suite de **4**, il serait satisfaisant que les élèves construisent l'une des courbes suivantes :

$$\begin{aligned} y &= 2x^2 - 3x + 1 \\ y &= \sqrt{2x^2 - 3x + 1} \end{aligned}$$

- Ne pas intervenir tant que ce choix n'aura pas été fait.
- Il est probable que la fenêtre choisie sera la fenêtre standard (c'est le conseil que je donne dans le cas où une étude préalable de la fonction n'a pas été faite). Cette fenêtre introduit un doute entre les valeurs $\frac{1}{2}$ et 1. Inciter les élèves à étudier graphiquement la fonction autour de ces valeurs.

6 La fonction f définie par $f(x) = |2x - 1| - |x + 1|$ a un minimum égal à -1,5.

- L'affirmation est vraie.
- La notion de valeur absolue peut être considérée comme en cours d'acquisition en classe de seconde. On peut s'attendre à des remarques du type "il y a des valeurs absolues donc c'est positif, donc le minimum est positif".
- De plus, nous avons étudié les minimums des fonctions $x \mapsto (x-3)^2 + 14$ et $x \mapsto 2|x - 5| + |x + 1|$ en minimisant la somme de deux nombres positifs ; il est donc envisageable que les élèves évoquent ces problèmes au cours de l'entretien et "généralisent" à une différence.

La validation de l'affirmation peut être envisagée de plusieurs façons :

- Utilisation de **Fmin** (menu Calc de l'application initiale) qui donne la valeur exacte de x pour laquelle le minimum est atteint.
- Construction de la courbe :
 - utilisation de **Trace** qui donne une valeur approchée du minimum.
 - utilisation de **Minimum** qui donne une valeur approchée du minimum.

Dans les deux derniers cas on pourra intervenir sur valeur exacte et valeur approchée.

7 L'intervalle $[-2, -1]$ est l'ensemble des solutions de l'équation

$$|x + 1| + |x + 2| = 1.$$

- L'affirmation est vraie.
- Cette question est déroutante pour des élèves de seconde qui sont habitués à manipuler des équations dont les solutions sont en nombre fini, les cas extrêmes étant constitués d'équations impossibles ou indéterminées. Une réponse du type : "c'est faux car une équation a toujours un nombre fini de solutions..." ne serait pas surprenante.

Parmi les stratégies envisageables :

- Essais / erreurs pour $x \in [-2, -1]$.
- Utilisation de **Solve** (se pose la question de l'interprétation du message fourni par la machine).

- Construction de $y = lx + 1l + lx + 2l$ et interprétation graphique de $lx + 1l + lx + 2l = 1$.

Sélection des élèves

Nous avons prévu de reprendre les mêmes élèves que lors des premiers entretiens. Malheureusement, suite à des problèmes techniques (cf. § méthodologie), nous avons dû recommencer les entretiens avec d'autres élèves estimés par l'enseignant d'un niveau comparable ¹.

Méthodologie des entretiens

Les entretiens ont été menés par des binômes. Pour chaque élève, une personne a mené l'entretien (interlocuteur), une autre (observateur) s'est occupée de l'enregistrement des données, de la surveillance du matériel (tablette rétroprojectable et magnétoscope) et de l'observation. Afin d'améliorer ce dispositif mis en place pour les premiers entretiens, nous avons ajouté l'enregistrement de copies d'écrans de la calculatrice chaque fois que l'observateur le jugeait pertinent. Malheureusement, l'attention des observateurs fut tellement centrée sur la nouveauté de ces copies d'écran, que le magnétophone (outil plus commun, mais cependant fort utile...) fut oublié par les deux équipes ! Malgré nos tentatives, il nous fut impossible de reconstituer l'essentiel de ces entretiens, ce qui nous conduisit à recommencer avec d'autres élèves d'un profil similaire.

Compte tenu des difficultés rencontrées lors des premiers entretiens, nous avons pris la décision de faire intervenir, dans le dispositif mis en place, uniquement des personnes ayant participé à cette expérimentation. Voici les indications données aux personnes ayant pris part aux entretiens :

Remarques concernant la gestion des entretiens

Voici quelques consignes destinées à essayer l'amélioration du déroulement des entretiens :

Pour l'élève

- Bien préciser le contrat : il ne s'agit pas d'une évaluation, mais d'une observation pour voir comment l'élève fonctionne.
- Lui demander le plus possible de dire ce qu'il fait (un peu comme dans les rapports de recherche) : c'est bien utile pour le déroulement et le compte rendu ! (Cela peut aussi éventuellement contribuer à détendre l'élève).

¹ Pour les élèves ayant participé aux deux entretiens, nous avons conservé la même étiquette.

Pour l'interlocuteur

- Rappelons (ce qui n'a pas été toujours respecté la dernière fois...) que l'interlocuteur doit adopter le "profil bas" de quelqu'un qui ne sait pas et a besoin d'explications. Il doit se conduire le moins du monde en professeur, éviter de suggérer la réponse et essayer de relancer l'élève bloqué de la manière la plus neutre possible.

- Il peut cependant, à un moment précis, donner volontairement une réponse si la situation ne se débloque pas, mais ce devrait être un choix conscient!

Pour l'observateur

- Son rôle est d'observer non seulement l'élève mais aussi l'interlocuteur, au besoin il sert de modérateur.

- Les rôles peuvent être momentanément intervertis.

- Il peut également y avoir un court aparté entre observateur et interlocuteur, l'observateur peut "recadrer" l'interlocuteur.

- Ne pas oublier de noter la durée de chaque exercice et de noter aussi éventuellement des anomalies de durée.

- Dans le compte rendu, bien distinguer :

- les questions significatives de l'interlocuteur (inutile de relever tout le dialogue, simplement ce qui est "significatif" pour ce que l'on observe),
- les réponses significatives de l'élève, ce qui relève du déroulement de l'entretien : problèmes de machine, les actions et réactions de l'élève, ce qui apparaît à l'écran.

Afin d'homogénéiser les compte rendus, prévoir un tableau récapitulatif de l'élève par exercice (réponse correcte, registre utilisé, fonctionnalités utilisées) avec une colonne élève, interlocuteur et machine.

Les informations recueillies

Conformément au nouveau dispositif mis en place, les observateurs ont présenté leur compte rendu d'entretien sous une forme homogène préétablie. Nous commenterons dans ces comptes rendus qui figurent dans les annexes, pour chaque élève, les éléments qui nous semblent intéressants. En outre, nous essaierons d'observer l'évolution des élèves pour lesquels nous disposons d'informations antérieures.

Elève E2

Dans le premier exercice, l'élève E2 ne pense pas à utiliser la commande *Solve*. Même quand l'interlocuteur lui demande ce que cette commande signifie, elle ne sait pas répondre. On retrouve la démarche observée lors des premiers entretiens : elle ne cherche pas à comprendre le rôle des commandes, elle essaie un peu au hasard. Elle résout ensuite correctement l'exercice.

Dans le deuxième exercice, elle évalue mal le signe de l'expression $-\frac{(3\sqrt{3}-1)}{2}$, la présence du signe " - " devant la parenthèse lui paraît une condition suffisante pour que l'expression soit négative. Signalons également qu'elle ne fait pas de distinction, pour une équation, entre avoir *une* ou *au moins une* solution :

I : Que signifie "une solution comprise entre 3 et 4" ?

E2 : *Qu'il y en a au moins une entre 3 et 4.*

On constate que dans le troisième exercice, l'élève E2 utilise encore la commande *Solve* qui n'a jamais été utilisée pour l'étude d'une inéquation en classe, alors que (cf. troisième partie, étude du signe) d'autres procédures ont été vues précédemment. On peut émettre l'hypothèse qu'elle traduit mot à mot l'énoncé en termes de commandes de la calculatrice (résoudre par *Solve*). Il se trouve que, dans cet exemple, la machine donne la réponse correcte. L'élève E2 répond trop vite, puis rectifie. Quand l'interlocuteur l'interroge sur une autre éventuelle méthode, on retrouve le comportement déjà observé lors du premier entretien, elle a oublié¹ :

I : N'y a-t-il pas une autre façon de contrôler le résultat ?

E2 : *On a dû en voir, mais je ne m'en souviens pas...*

Logiquement, l'élève E2 reprend la commande *Solve* qui, cette fois-ci, ne lui fournit pas le résultat espéré. Elle réussit à interpréter ce qu'affiche la machine. Pour tracer le graphe, elle commence par choisir une fenêtre et tape ensuite l'inéquation dans l'application " Y = ". Elle interprète ensuite l'absence de courbe comme une erreur de fenêtrage. Quand elle obtient la courbe, elle est gênée car l'axe des ordonnées n'est pas représenté, sans qu'elle sache dire pourquoi. Elle ne sait pas comment voir graphiquement le signe de l'expression et ne sait pas dire ce que représente le coefficient constant de l'expression.

¹ L'enseignant dit qu'elle oublie au fur et à mesure qu'elle apprend.

Il ne s'agit pas d'une difficulté de verbalisation car quand, à l'initiative de l'interlocuteur, elle utilise la commande *Trace*, elle n'est pas capable de montrer la partie de la courbe correspondant à une expression positive pour la fonction. L'interlocuteur lui repose alors une question analogue à celle posée lors du premier entretien :

I : $x^2 - 4x + 3$, c'est x_c ou y_c ?

E2 : *C'est x_c !*

L'élève répond de manière identique : elle n'a toujours pas compris la distinction entre x_c et y_c .

Dans le quatrième exercice, elle voit sur la courbe que $f(1) = 0$ et n'éprouve pas le besoin de vérifier ce résultat. En désespoir de cause, elle essaie un *Zoomfit*, mais ne songe pas à passer à l'application initiale. Quand elle le fait, à l'initiative de l'interlocuteur, elle remplace x par 1 dans Solve ($x^2 - 4x + 3 \leq 0, x$). On retrouve la procédure identifiée lors du premier entretien : on prend la dernière commande (quelle qu'elle soit) et on remplace x par la valeur choisie¹.

Le cinquième exercice est juste abordé, mais l'élève E2 ne distingue pas le fait que la fonction soit définie sur $\mathbb{R}^+$ et que la fonction soit positive ou nulle. Ces observations sont en cohérence avec l'opinion de l'enseignant² : malgré une attitude positive de cette élève vis à vis de la calculatrice, cette élève ne parvient pas à donner du sens à ce qu'elle fait ou voit. Ses connaissances sont parcellaires, sans cohérence entre elles ; comme nous l'avions pressenti, la calculatrice, si elle n'a pas constitué un handicap réel, ne l'a pas aidée à surmonter ces difficultés.

Elève E3

L'élève E3 réussit sans problème le premier exercice. Elle fait une erreur de syntaxe pour la commande *Solve*, mais, comme nous l'avons déjà constaté dans sa réponse à la question 39 (cf. § B, deuxième questionnaire), elle sait rectifier son erreur. Face à la forme des solutions qu'elle obtient pour le deuxième exercice, elle propose d'utiliser de nouveau une commande tout à fait inadaptée, la commande *Comdenom* :

E3 : *On résout le rapport. On utilise Comdenom.*

¹ Il s'agissait, lors du premier entretien, de la commande *Define*.

² C'est une élève en grande difficulté en Mathématiques, elle a cependant fait preuve d'un réel dynamisme en cours. Orientation 1 ère L.

Notons ses difficultés de verbalisation. Après l'intervention de l'interlocuteur qui lui explique la nature de cette commande, elle aussi voit en $-\frac{(3\sqrt{3}-1)}{2}$ une expression négative, mais n'est pas convaincue par les contre-exemples qui lui sont proposés. Pour elle, la présence du signe "-" est la seule chose qui compte...

Elle ne se rappelle plus comment obtenir une valeur approchée sans changer de mode : on retrouve le fait, observé lors du premier entretien, qu'elle est peu à l'aise dans la manipulation de la calculatrice. Elle répond de manière erronée, mais rectifie quand on lui suggère de relire l'énoncé.

Pour l'inéquation du troisième exercice, l'élève E3 propose d'utiliser la commande **Define** : elle n'a donc manifestement pas compris la signification de cette commande et le fait qu'elle s'applique uniquement à une fonction ; en fait, le problème est dans la confusion entre fonction et équation. Face au graphe obtenu, elle a une bonne réaction puisqu'elle comprend qu'il s'agit de celui réalisé par l'élève précédente et propose de changer de fenêtre, mais l'interlocuteur doit intervenir pour l'aider.

A la demande de l'interlocuteur, elle n'arrive pas à exprimer la relation entre x_c , y_c et la fonction. Elle n'arrive pas non plus à montrer graphiquement la partie de la courbe pour laquelle la fonction est négative, elle ne voit pas comment interpréter graphiquement le signe de l'expression qui a pourtant fait l'objet d'une leçon (cf. troisième partie) ; elle propose à tout hasard la commande **Zoombox** (dont elle ne connaît pas le fonctionnement), elle est d'ailleurs très surprise par l'effet de cette commande ; il semble qu'elle s'attendait à obtenir une valeur explicite... Elle ne sait pas non plus, en utilisant la commande **Trace**, montrer le point de la courbe où la fonction s'annule. Elle se heurtera à des difficultés analogues en environnement papier / crayon :

E3 : $-3x+2 \leq 0$ pour la partie qui est au dessous de l'axe des abscisses.

I : Comment est x ici?

E3 : x est positif.

Cette élève rencontre d'importantes difficultés mathématiques¹, comme nous l'avions déjà constaté lors du premier entretien. En ce qui concerne la TI 92, la situation n'a guère évolué, puisqu'elle ne se souvient plus de la signification de commandes utilisées fréquemment en cours d'année.

¹ L'enseignant note que ses difficultés mathématiques étaient déjà présentes durant les deux années en seconde qu'elle vient d'effectuer.

L'élève E4 réussit sans problème le premier exercice. Elle fait également une erreur de syntaxe pour la commande *Solve*, mais, conformément à sa réponse au deuxième questionnaire, elle sait rectifier son erreur. Ce qui confirme une bonne interprétation des messages déjà relevée lors des premiers entretiens.

Elle réussit également le deuxième exercice qu'elle traite dans le cadre algébrique. Elle a compris la nécessité du passage à la valeur approchée pour pouvoir répondre à la question posée, il y a un net progrès depuis le premier entretien où elle déclarait :

E4 : *Exact : c'est quand il y a plein de nombres après la virgule.*

Cependant, la distinction entre valeur exacte et valeur approchée, même si elle est consciente, n'est pas encore suffisamment acquise pour permettre une verbalisation correcte :

E4 : *J'avais un résultat avec des fractions alors pour avoir un résultat avec des nombres entiers ou décimaux...*

I : Cela donne les mêmes résultats?

E4 : *Oui, c'est pareil mais approché.*

Pour le troisième exercice, elle utilise la commande *Solve* qui n'a jamais été utilisée pour l'étude d'une inéquation en classe et n'anticipe pas correctement le type de résultat que la calculatrice affichera : manifestement elle s'attend à une réponse du type $x = \dots$

Elle ne pense pas naturellement au cadre graphique quand l'interlocuteur suggère une autre résolution. De plus, une fois encore la calculatrice révèle une confusion au niveau mathématique : elle confond fonction et inéquation, confusion qui ne relève pas seulement d'une mauvaise verbalisation puisqu'elle entre dans l'application " Y = " une inéquation. La rectification qu'elle effectue paraît ressentie simplement comme une contrainte de syntaxe.

Elle ne sait pas interpréter la condition " $f(x) \leq 0$ " dans le cadre graphique ; de plus, cette situation n'évoque vraiment rien pour elle. Pourtant cette interprétation a été étudiée en classe (cf. troisième partie).

Pour le quatrième exercice, elle essaie encore la commande *Solve* : face au résultat affiché, elle n'a pas conscience que la calculatrice n'a pas résolu l'inéquation, car celle-ci a transformé

l'expression entrée ; l'élève E4 essaie donc, comme précédemment, de transformer ce qu'elle prend pour un résultat de l'inéquation en passant à la valeur approchée, bien qu'elle ait conscience qu'il n'y a pas de signe " $=$ " :

E4 : *Il n'y a pas écrit " $=$ " comme aux autres.*

On retrouve ici le comportement qui consiste à essayer quelque chose comme une "roue de secours", sans raison véritable. Par nécessité, elle passe dans le cadre graphique et ne met pas en doute l'exactitude des valeurs lues sur le graphique concernant les points d'intersection. Bien qu'elle donne l'impression d'avoir conscience que l'ensemble des solutions est un intervalle, il est encore impossible ici de lui faire exprimer une relation quelconque entre le signe d'une expression et une position de la courbe.

Dans le quatrième exercice, elle essaie une fois de plus la commande *Solve* ; il semble qu'elle suit l'énoncé en cherchant à traduire mot à mot celui-ci en termes de fonctionnalités. Elle traduit correctement le message d'erreur mais n'arrive pas à l'interpréter : il s'agit encore ici de connaissances mathématiques qui lui font défaut. Cependant, elle sait correctement exprimer la condition pour que la fonction soit définie¹. Dans le cadre graphique, c'est la première fois qu'elle exprime, avec difficulté, une condition sur la courbe :

E4 : *Si la courbe est après l'axe des ordonnées... c'est vrai parce que la courbe est au-dessus de l'axe des abscisses et que c'est... elle est positive.*

Dans la suite de l'exercice, on retrouve la confusion, observée chez d'autres élèves lors des premiers entretiens, entre abscisse et ordonnée : l'élève E4 hésite entre $\mathbb{R}$ et $\mathbb{R}^+$ parce que la courbe est au dessus de l'axe des abscisses, mais le graphe comporte des points d'abscisse négative :

E4 : *La fonction est définie sur $\mathbb{R}$... sur...*

L'interlocuteur insiste :

I : Sur $\mathbb{R}$, sur tous les réels ?

E4 : *Sur $\mathbb{R}^+$, positif.*

I : Seulement sur $\mathbb{R}^+$ ou sur $\mathbb{R}$?

E4 : *Sur tous les réels parce qu'il y a aussi dans les négatifs.*

De plus, quand l'interlocuteur lui demande de montrer un endroit où l'on n'est pas sûr que la courbe est au-dessus de l'axe des abscisses, elle montre sur l'écran des points d'abscisse négative...

¹ Cet entretien a eu lieu 3 semaines après le contrôle spécifique (cf sixième partie).

Enfin, après avoir utilisé la fonctionnalité *Zoombox*, elle interprète l'interruption de la courbe comme un mauvais choix de fenêtre :

E4 : *Mon zoom est trop gros parce que je n'ai pas le bas... la courbe semble aller au dessous de l'axe des abscisses...*

Ces observations sont en cohérence avec l'opinion de l'enseignant ¹, même si l'élève E4 semble relativement détendue durant l'entretien, elle n'a pas confiance en elle et l'on retrouve le fait qu'elle est gênée par ses faibles connaissances mathématiques.

Elève E7

Cette élève réussit parfaitement le premier exercice. Une lecture trop rapide de l'énoncé du deuxième exercice lui fait commettre une erreur d'interprétation. De même, face aux solutions de l'équation, son premier réflexe est :

E7 : *Ah oui! on peut en éliminer une qui est négative car le numérateur est négatif.*

Elle rectifie facilement et conclut correctement. Elle manipule et travaille nettement plus rapidement que les élèves observés précédemment, mais ne réfléchit pas suffisamment en répondant trop spontanément.

Dans le troisième exercice, l'élève E7 choisit délibérément le cadre graphique, sans doute parce qu'elle a noté la présence d'une inéquation (c'est la première élève qui n'essaie pas d'abord la commande *Solve*). Elle sait interpréter le fait que les points sur la courbe aient une ordonnée négative. Elle a estimé (graphiquement ou mentalement?) l'abscisse du point d'intersection, puisqu'elle utilise la commande *Value* pour la valeur $x_c = \frac{2}{3}$. Elle trouve ensuite facilement l'abscisse du point d'intersection. Quand l'interlocuteur lui demande de vérifier à l'aide de la machine que c'est bien la valeur exacte du point d'intersection, elle passe au cadre algébrique, utilise la commande *Solve* et retrouve le même résultat.

L'élève E7 choisit également spontanément le cadre graphique dans le quatrième exercice. Elle rectifie immédiatement la frappe dans l'application "Y=", après avoir entré l'inéquation. Elle n'a pas conscience que les valeurs numériques affichées dans l'application graphique sont approchées : il faut dire que les valeurs choisies 1. et 0. ne sont guère incitatrices à semer le doute

¹ C'est une élève timide, plutôt passive n'ayant pas confiance en elle, elle a des résultats irréguliers. Orientation : CAP coiffure.

dans l'esprit d'un élève de seconde ! Bien que le caractère approximatif de l'application graphique ait été mentionné à plusieurs reprises lors du TP n°7 consacré aux limites, nous constatons que le message n'est pas passé, même parmi les bons élèves. Quand l'interlocuteur lui demande de justifier que les valeurs qu'elle a obtenues dans l'application graphique sont exactes, sa première réaction (comme dans l'exercice précédent) est de le vérifier à la main, mais elle sait également le faire correctement avec la calculatrice. Elle procède de la même manière qu'en classe (définition de la fonction avec *Define*, puis calculs de $f(1)$ et $f(3)$).

La confusion de cette élève au début de l'exercice 5 doit être imputée à la forme de la question. En effet, elle a répondu correctement au contrôle spécifique sur la question analogue, et elle répond correctement quand l'interlocuteur reformule la question :

I : Y a-t-il une condition pour calculer $f(x)$?

E7 : *Oui, il faut que le radicande soit positif ou nul.*

Cette réponse est à mettre en relation avec la question 3 du contrôle spécifique (cf. sixième partie) : cette élève ne distingue pas l'ensemble de définition de la fonction de l'ensemble image. Pourtant, elle verbalise correctement la condition pour que l'on puisse calculer $f(x)$. Après un coup de pouce de l'interlocuteur, elle passe à l'application graphique où elle constate immédiatement :

E7 : *La fonction n'est pas définie que sur $\mathbb{R}^+$, puisqu'il y a des abscisses négatives.*

Cet argument lui paraît suffisant pour affirmer que l'affirmation est fausse ¹. Elle ne comprend donc pas bien pourquoi on lui demande d'étudier ce qui se passe entre 0.5 et 1. Cependant elle a conscience qu'il y a un problème dans le cadre graphique :

I : Oui, mais peut-on calculer $f(x)$ pour x positif ou nul?

E7 : *Non, car il y a un problème.*

Pourtant, elle n'arrivera pas à poursuivre malgré les questions de l'interlocuteur qui essaie de l'inciter à repasser au cadre algébrique.

Cette élève manipule rapidement et efficacement, c'est la première élève ² qui maîtrise manifestement le changement de cadres. Malheureusement, elle est très étourdie, mais elle rectifie toujours rapidement car elle comprend immédiatement la nature de ses erreurs.

¹ Il faut dire que la distinction est sans doute difficile à ce niveau, puisque l'on étudie la fonction sur un sous-ensemble du domaine de définition.

² Ce n'est heureusement pas la seule, il y avait aussi des élèves dont nous n'avons pas pu exploiter les entretiens !

Elève E8

Dès le début du premier exercice, on note des difficultés importantes dans la verbalisation chez cet élève (outre la confusion entre équation et fonction souvent observée également chez d'autres élèves dans ces entretiens), bien que la réponse soit correcte :

E8 : *L'équation est égale à 0 quand x vaut 3.
2 et -3, c'est faux car il y en a une négative.*

Le deuxième exercice est également réussi, l'élève E8 a conscience que les valeurs affichées sont exactes, il change le mode afin d'obtenir la forme désirée.

Face au troisième exercice, il semble que contrairement à certains autres élèves observés, il a conscience que la situation est différente et hésite : il choisira le cadre graphique. Il connaît l'interprétation graphique du signe d'une fonction. Il a encore de grosses difficultés à exprimer son interprétation (pourtant correcte) de ce qu'il voit graphiquement :

I : La phrase vous paraît-elle juste ou fausse ?

E8 : *Fausse, car la droite se situe à droite de l'axe des ordonnées.*

Manifestement, l'élève E8 n'éprouve pas le besoin d'une justification de ce qu'il a observé graphiquement, c'est pourquoi l'interlocuteur n'arrivera pas, malgré plusieurs questions, à le faire passer du cadre graphique au cadre algébrique.

Dans le quatrième exercice, il passe immédiatement dans l'application graphique et corrige rapidement sa frappe erronée (il enlève ≤ 0). On retrouve également ici des difficultés à verbaliser, même si l'interprétation graphique est correcte. Ici encore, l'élève se satisfait de ce qu'il voit et c'est uniquement à la demande de l'interlocuteur qu'il propose d'essayer la commande **Value** pour vérifier son affirmation. Il ne passe au cadre algébrique que quand l'interlocuteur, après lui avoir rappelé que les valeurs sont approchées dans l'application graphique, lui pose la question :

I : Donc, comment être certain que ce sont bien des valeurs exactes ?

E8 : *Je définis une équation et je remplace x par 1 et 3.
J'appelle l'équation $f(x)$.
Je tape 1 en Mode exact.*

Dans l'exercice 5, l'élève E8 (comme la plupart des élèves qui ont abordé cet exercice et comme dans la question 3 du contrôle spécifique) fait la confusion entre l'ensemble de définition de la fonction et ses valeurs. Après l'explication donnée par l'interlocuteur, l'élève aborde tout de suite le problème dans le cadre graphique où il observe une anomalie qu'il interprète de manière erronée :

E8 : *La fonction n'est pas définie quand $x=0$.*

Malgré l'intervention de l'interlocuteur, l'élève aura de la difficulté à prendre conscience du fait qu'il a confondu abscisse et ordonnée, ce sont les commandes **Trace** et **Value** qui lui permettent de réaliser son erreur. Il arrive ensuite cependant à déterminer approximativement l'intervalle qui pose problème.

Le comportement de cet élève est en cohérence avec l'opinion de l'enseignant¹ : il a des connaissances mathématiques, mais éprouve de réelles difficultés à s'exprimer. Il a des compétences en ce qui concerne l'interprétation des graphiques, mais se satisfait complètement de ce qu'il observe dans le registre graphique. La nécessité d'une validation quelconque (papier ou machine) n'apparaît à aucun moment de l'entretien.

Elève E9

L'élève E9 est la première à penser à l'application graphique dès le premier exercice :

E9 : *Je comptais faire dans la partie graphique mais comme il y a 0, ce ne sera pas possible. Donc ... je vais essayer déjà de taper dans le cadre algébrique.*

I : Le zéro vous gêne, vous auriez voulu que ce soit sous quelle forme pour utiliser le graphique ?

E9 : *Par exemple, $y=x$ ou une formule... comme ça j'aurais pu constater sur la courbe...*

L'élève renonce donc à l'application graphique, car elle n'arrive pas à extraire de l'énoncé (qui lui est posé en termes d'équation) l'expression d'une fonction à entrer dans l'application graphique. Elle résout ensuite sans problème le premier exercice.

Dans le deuxième exercice, sa première réaction est d'éliminer la solution $-\frac{(3\sqrt{3}-1)}{2}$, mais après l'intervention de l'interlocuteur, elle justifie correctement (après avoir calculé mentalement)

¹ C'est un élève qui a du mal à s'exprimer, habituellement il éprouve peu le besoin de justifier ce qu'il affirme.

que cette expression est réellement négative. Elle passe facilement à "la" valeur approchée de l'expression qui l'intéresse et l'interlocuteur essaye de lui faire préciser la différence :

E9 : *Alors voilà ça me donne 3,0009808 donc c'est bien.*

I : Qu'est-ce que 3,09 par rapport à la valeur située à gauche ?

E9 : *C'est la valeur approchée... donc ce n'est pas exactement la même puisque c'est une valeur approchée. Il y a plusieurs décimales après la virgule et on ne peut pas les prendre toutes.*

Ici la distinction entre valeur exacte et approchée semble perçue, même si la verbalisation est encore difficile. L'élève E9 résout rapidement et correctement le troisième exercice en utilisant la commande **Solve**. Elle réutilise cette commande pour le troisième exercice, mais a conscience que la résolution ne s'est pas faite. Suivant le conseil de l'interlocuteur, elle passe à l'application graphique, mais elle se heurte à la même difficulté qui l'avait fait renoncer précédemment : elle entre une inéquation dans l'application "Y = " :

E9 : *Ca ne donne rien.*

I : Regardez ce que vous avez tapé dans l'application "Y = "...

E9 : ...

I : Qu'est-ce qu'on entre d'habitude dans cette application ?

E9 : *Une fonction.*

I : Regardez ce que vous avez tapé ; pour vous, c'est une fonction ?

E9 : *Non, parce qu'il y a un inférieur ou égal.*

L'élève rectifie alors l'expression qu'elle a entrée et interprète correctement la position de la courbe :

E9 : *Cette phrase est juste parce qu'il y a marqué inférieur ou égal dans l'intervalle 1, 3 et... je vois que dans cet intervalle la courbe a une altitude négative.*

L'interlocuteur intervient encore pour lui faire justifier que les valeurs sont effectivement 1 et 3, elle utilise alors la commande **Zoombox** qu'elle ne maîtrise pas bien. Puis l'interlocuteur intervient de nouveau pour lui faire prendre conscience que les résultats observés ne sont pas exacts, elle utilise alors la commande **Trace**. L'interlocuteur lui fait remarquer que les résultats affichés sont encore approchés. L'élève semble tout étonnée compte tenu du mode affiché (exact). L'interlocuteur insistant pour connaître la valeur exacte, elle finit par proposer d'utiliser la commande **Define** dont elle connaît la signification, même si elle a encore des difficultés d'expression :

I : Que fait la commande *Define* ?

E9 : *Cela introduit une équation dans la mémoire.*

I : C'est une équation qui est introduite ?

E9 : *Non, c'est une fonction ; alors il faut que j'enlève le...*

Elle termine la vérification en calculant la valeur de cette fonction en 1. Pour le cinquième exercice, elle a rapidement conscience que la condition cherchée porte sur l'abscisse et que le radicande doit être positif. Après être passée dans l'application graphique, elle remarque immédiatement :

E9 : *Que la fonction est définie sur R , pas que sur R^+ .*

I : Pourtant on a un blanc là... sur une petite partie on ne voit plus la courbe.

E9 : *Donc déjà elle n'est pas définie sur R^+ , puisque cette partie là c'est dans la partie R^+ .*

L'élève E9 a su interpréter immédiatement l'information donnée par l'interlocuteur. Mais elle aura le même problème que précédemment pour donner une justification précise de son affirmation. Elle propose d'utiliser la commande *Value* qui relève pour elle du registre algébrique :

E9 : *On peut rester dans le cadre algébrique avec Value...*

Prenons 0.6, ça ne donne pas de réponse.

I : Qu'est-ce que ça veut dire ?

E9 : *Pour ces valeurs de x , le radicande doit être négatif, donc on ne peut pas calculer.*

Elle interprète donc correctement le fait qu'aucune valeur y_c n'apparaît à l'écran, ce qui lui permet de conclure que l'affirmation 5 est fausse.

Cette élève a des connaissances mathématiques solides¹ : elles lui permettent d'une part d'attribuer une signification aux commandes de la machine (ex : *Define*), d'autre part d'interpréter correctement les résultats que la machine lui fournit. Cependant, elle n'a pas encore une connaissance suffisante de la calculatrice pour avoir pris conscience du fait que l'application graphique ne fournit que des valeurs approchées. En outre, même si la distinction fonction / équation est perçue, elle n'est pas encore suffisamment intégrée pour être verbalisée correctement et ne pas constituer un obstacle aux changements de registres.

¹ L'enseignant confirme que cette élève comprend bien et s'exprime aisément.

Synthèse des informations recueillies

L'objectif de ces entretiens était l'observation des procédures de validation à l'aide de la calculatrice mises en oeuvre par les élèves, contrairement aux premiers entretiens plus centrés sur les capacités de manipulation.

Nous avons certainement eu tort de préciser dans la consigne qu'il ne fallait pas mettre en doute les résultats de la machine. En effet, cela a eu pour conséquence que nous ne pouvons interpréter, de manière certaine, le fait que les élèves n'ont aucun doute a priori sur ce qu'ils observent dans l'application graphique : disons plutôt qu'ils n'ont pas su interpréter correctement les résultats observés et n'éprouvent donc pas la nécessité d'une quelconque vérification.

Les difficultés de manipulation se sont nettement estompées, mais ce qui avait été observé lors des premiers entretiens se confirme : une manipulation correcte nécessite que l'élève attribue une signification mathématique aux différentes fonctionnalités et que, face à un résultat inattendu, il y ait un certain questionnement. Il est clair que parmi les élèves faibles de cette classe, ce n'est toujours pas le cas. Certains élèves semblent avoir renoncé à chercher à comprendre le rôle des commandes, ils essaient donc des procédures d'évitement telles que :

- on traduit les termes de l'énoncé en termes de commandes calculatrice,
- on généralise le domaine de validité d'une commande,
- on essaie la dernière commande utilisée,
- sinon, on essaie une commande au hasard,
- on prend la dernière commande utilisée et on remplace x par sa valeur, quelle que soit la question posée concernant cette valeur...

Ce comportement est sans doute différent de celui que l'on observerait sur des tâches mathématiques en environnement papier/crayon dans lequel essayer quelque chose nécessite déjà un effort.

Du point de vue des connaissances mathématiques, ces entretiens mettent en évidence des difficultés conceptuelles importantes :

Il apparaît que, malgré le cours sur la fonction signe (cf. troisième partie), les passages entre les cadres algébrique et graphique ne sont pas encore une démarche naturelle pour tous les élèves ; de plus certains élèves, même quand ils sont incités à passer au cadre graphique, ne savent toujours pas interpréter la position de la courbe en termes de signe de la fonction. Cependant, il faut tenir compte du fait que l'essentiel des apprentissages concernés s'est effectué au troisième

trimestre ¹, il manque donc le long terme pour apprécier l'évolution dans la conceptualisation. Même si les difficultés sont grandes, si l'on compare l'attitude de ces élèves avec celle d'une classe de seconde sans machine, elle semble différente : cette comparaison devra être reprise ultérieurement.

On constate que la plupart des élèves sont beaucoup plus à l'aise dans l'application graphique que lors des premiers entretiens (cf. recherche du minimum dans le §A de cette partie), ce qui est parfaitement naturel puisque les premiers entretiens ont été menés peu de temps après l'introduction des fonctions. Cependant, certains élèves font encore dans le registre graphique des confusions entre abscisse et ordonnée et il reste des élèves n'ayant toujours pas clairement conscience que les coordonnées d'un point sont reliées par une relation dépendant de la fonction représentée.

Si l'on observe une amélioration significative par rapport aux premiers entretiens en ce qui concerne la distinction entre valeur exacte et approchée, la conscience de l'approximation inévitable de l'application graphique n'est pas encore acquise. Notons cependant qu'aucune activité spécifique concernant les approximations numériques et graphiques n'a pu être envisagée à ce moment de l'année, compte tenu de la durée de l'expérimentation.

Enfin, ces entretiens ont mis en évidence une grande difficulté des élèves à verbaliser tout ce qui concerne les concepts de fonction, équation ou inéquation, ce qui n'a rien de surprenant en cours de processus de conceptualisation. Pour certains élèves, il s'agit clairement de difficultés conceptuelles et la distinction leur paraît relever simplement de contraintes de syntaxe imposées par la calculatrice. Cependant, ces difficultés ne semblent pas être systématiquement liées à des confusions d'ordre conceptuel. Pour d'autres élèves, comme nous le verrons également dans le contrôle spécifique (sixième partie), le problème consiste plutôt à exprimer, dans le cas d'une fonction comportant une racine carrée, la simultanéité de deux phénomènes distincts : il se peut que l'ensemble de définition de la fonction s'identifie à l'ensemble dans lequel cette fonction a un signe positif. En outre, même si cette distinction est perçue, les passages entre équation, fonction et inéquation sont encore assez difficiles pour créer un obstacle au changement de registres.

¹ La notion de signe a été utilisée régulièrement au cours du troisième trimestre pour résoudre graphiquement et algébriquement des inéquations, pour étudier le signe de diverses expressions.

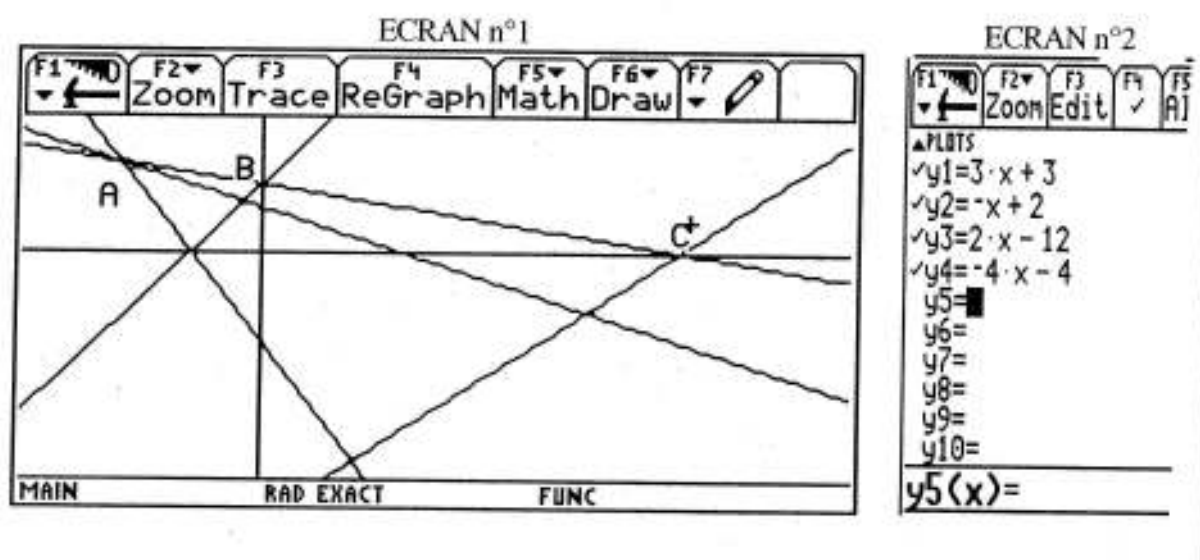
SIXIEME PARTIE

LE CONTROLE SPECIFIQUE

Première partie : Sans la machine.

- Sur l'écran n°2, on trouve les équations réduites de quatre d'entre elles.

NB : Trois droites sont concourantes en A, deux se coupent sur l'axe des ordonnées en B et deux sur l'axe des abscisses en C.



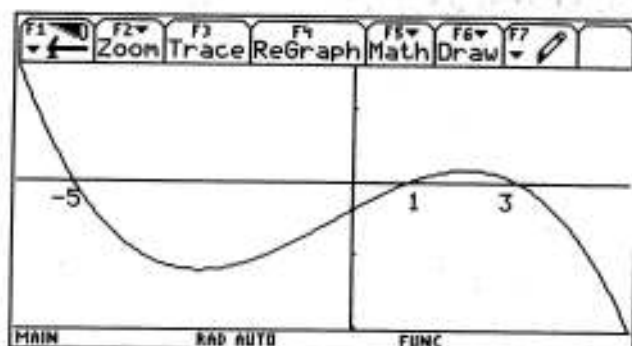
On fera les calculs éventuels dans le cadre ci-dessous.

[illegible]



TI 92 : CONTROLE SPECIFIQUE (2)

- 2 Sur l'écran ci-dessous est représentée une courbe d'équation $y = f(x)$ sur l'intervalle $[-6, 5]$.



x	-6	5
Signe de $f(x)$		

Tâche à effectuer : déterminez, suivant les valeurs de x , le signe de $f(x)$ et résumez les résultats dans le tableau ci-dessus.

Exposer votre méthode dans le cadre ci-dessous.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

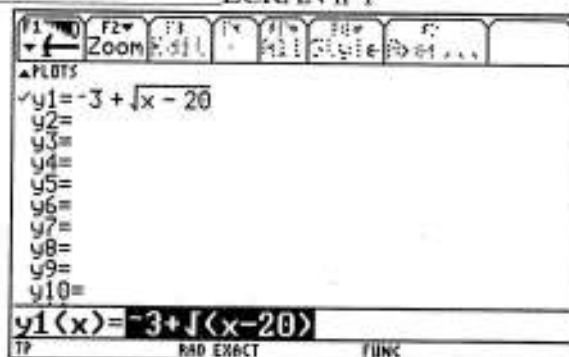
.....

.....

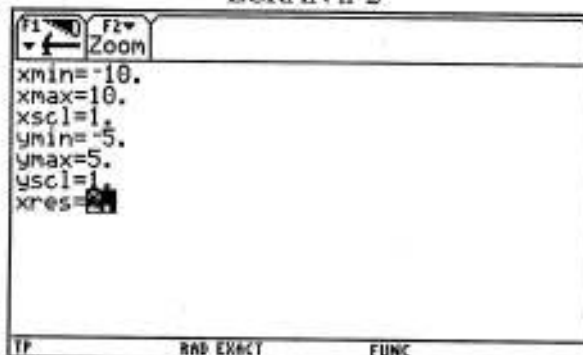
.....

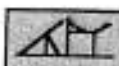
- 3 On considère la fonction f définie par $x \mapsto -3 + \sqrt{x - 20}$ (voir écran n°1: $y1(x) =$).

ECRAN n°1



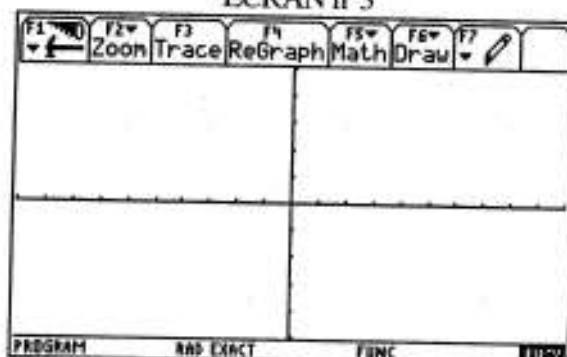
ECRAN n°2





TI 92 : CONTROLE SPECIFIQUE (3)

ECRAN n°3

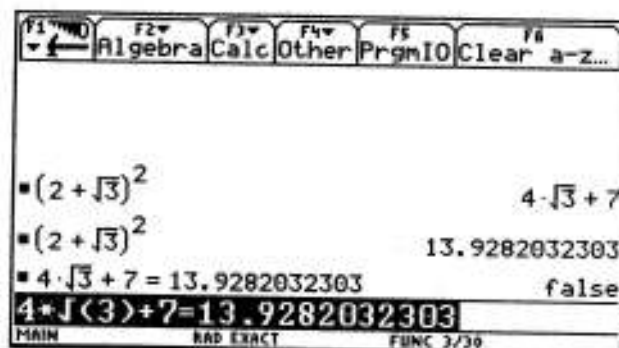


Tâche à effectuer : Expliquez pourquoi, avec la fenêtre choisie (écran n°2), on n'obtient aucun tracé à l'écran n°3. Quelle fenêtre peut-on choisir pour obtenir un tracé à l'écran ? Justifiez ce choix.

Fenêtre choisie :

xmin : xmax : ymin : ymax :

4 Observez l'écran ci-dessous ; la première ligne a été obtenue en tapant **ENTER** la deuxième en tapant **♦** puis **ENTER**, la machine fonctionnant en mode exact.



Rappel : false signifie faux.



- 1) Effectuez, à la main, les calculs qui permettent d'obtenir le résultat de la première ligne.
- 2) Que représente le résultat de la deuxième ligne ?
- 3) Interprétez le message obtenu sur la troisième ligne, qu'en déduit-on ?

[illegible]

5 On considère la fonction f définie sur $\mathbb{R}$ par $f(x) = \frac{x^3}{100} - \frac{x^2}{100} - \frac{37x}{20} + \frac{33}{4}$.

- 1) ☞ En utilisant la TI 92, donnez une factorisation de $f(x)$.
⌘ Précisez avec soin les instructions tapées pour obtenir cette factorisation.
- 2) ⌘ Utilisez le résultat précédent pour résoudre $f(x)=0$ (Rédigez cette résolution comme si vous n'aviez pas de machine).
- 3) ☞ Représentez la fonction f dans une fenêtre ([WINDOW]) telle que l'on puisse voir les solutions obtenues au 1). On appelle (C) la courbe représentative de f .
⌘ Donnez la fenêtre choisie et justifiez votre choix.
- 4) ⌘ Résoudre $f(x) \geq 0$ sur R ; rédigez cette résolution comme si vous n'aviez pas de machine.
⌘ Expliciter le lien qu'il y a entre cette résolution et la représentation graphique.



- 5)  Tracez la droite (D) d'équation $y = -2$.
 ✎ Notez toutes les instructions utilisées.
 ✎ Quel est le nombre de points d'intersection de (C) et (D)? Précisez le signe de leurs abscisses.
- 6) ✎ Citez, s'il en existe, une valeur de k pour laquelle la droite (D_k) d'équation $y = k$ possède :
 a) 3 points d'intersection avec (C),
 b) 2 points d'intersection avec (C),
 c) 1 point d'intersection avec (C),
 d) aucun point d'intersection avec (C).

[illegible]



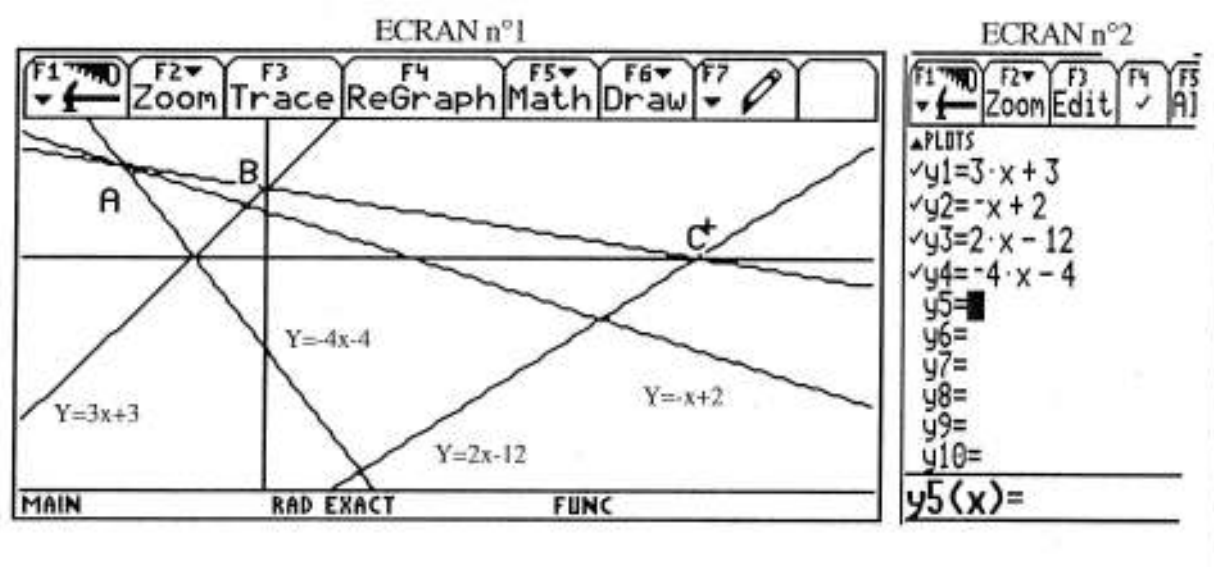
TI 92 : CONTROLE SPECIFIQUE CORRECTION (I)

Première partie : Sans la machine.

I Sur l'écran n°1, sont tracées cinq droites.

Sur l'écran n°2, on trouve les équations réduites de quatre d'entre elles.

NB : Trois droites sont concourantes en A, deux se coupent sur l'axe des ordonnées en B et deux sur l'axe des abscisses en C.



Tâche à effectuer : Reconnaître la droite associée à chaque équation (on écrira les équations sur les droites elles-mêmes), puis déterminer une équation de la cinquième droite.

Deux droites ont un coefficient directeur positif : l'une coupe l'axe des ordonnées au point B d'ordonnée positive. C'est donc la droite d'équation $y = 3x + 3$ et B a pour coordonnées (0 ; 3). L'autre coupe l'axe des ordonnées en un point d'ordonnée négative. C'est donc la droite d'équation $y = 2x - 12$.

Parmi les trois droites ayant un coefficient directeur négatif, l'une coupe l'axe des ordonnées en un point d'ordonnée négative. C'est donc la droite d'équation $y = -4x - 4$. L'une des deux autres passe par le point B, d'ordonnée 3. C'est donc l'autre qui a pour équation $y = -x + 2$.

La cinquième droite passant par B a donc une équation de la forme $y = ax + 3$. Pour déterminer son coefficient directeur a, il suffit de remarquer qu'elle passe aussi par C.

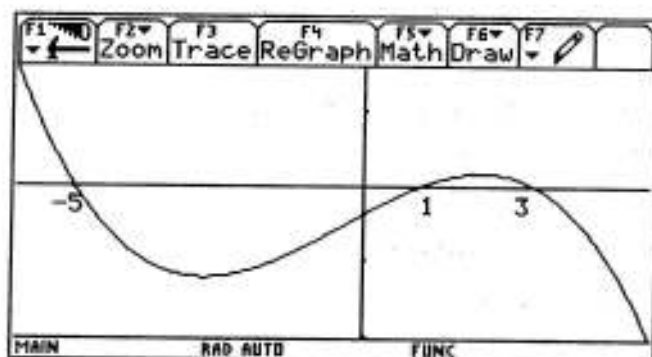


TI 92 : CONTROLE SPECIFIQUE CORRECTION (2)

Or le point C est le point d'ordonnée nulle de la droite d'équation $y = 2x - 12$. Donc si $y = 0$, on trouve $x = 6$. Il ne reste plus qu'à reporter les coordonnées de C (6 ; 0) dans l'équation $y = ax + 3$, ce qui donne : $0 = 6a + 3$. D'où $a = -0,5$. La cinquième droite (BC) a donc pour équation :

$$y = -0,5x + 3.$$

- 2 Sur l'écran ci-dessous est représentée une courbe d'équation $y = f(x)$ sur l'intervalle $[-6, 5]$.



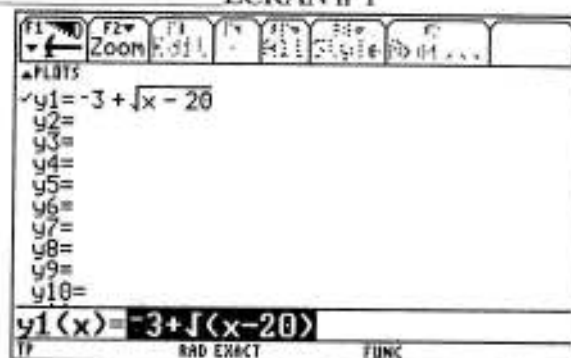
x	-6	-5	1	3	5		
Signe de $f(x)$	+	0	-	0	+	0	-

Tâche à effectuer : déterminez, suivant les valeurs de x , le signe de $f(x)$ et résumez les résultats dans le tableau ci-dessus.

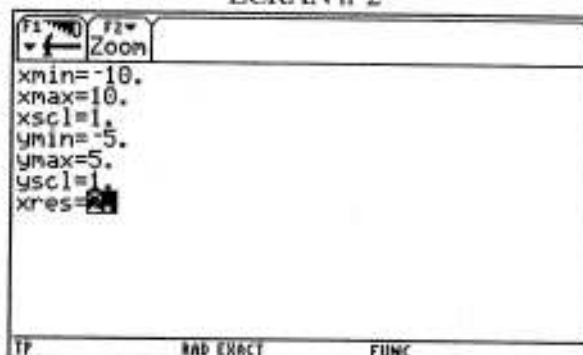
$f(x)$ est un nombre **positif** lorsque la courbe est **au-dessus** de l'axe des abscisses et **négatif** lorsque la courbe est **au-dessous** de l'axe des abscisses.

- 3 On considère la fonction f définie par $x \mapsto -3 + \sqrt{x - 20}$ (voir écran n°1: $y1(x) =$).

ECRAN n°1

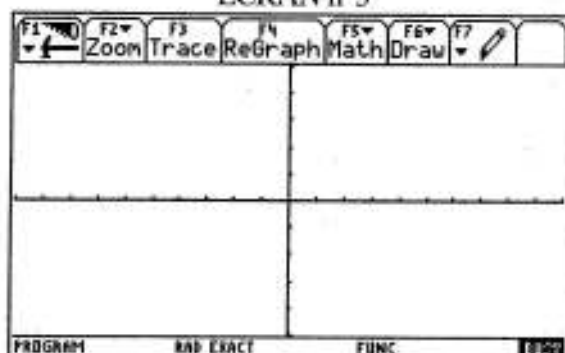


ECRAN n°2





ECRAN n°3



Tâche à effectuer : Expliquez pourquoi, avec la fenêtre choisie (écran n°2), on n'obtient aucun tracé à l'écran n°3. Quelle fenêtre peut-on choisir pour obtenir un tracé à l'écran ? Justifiez ce choix.

Pour que le réel $f(x)$ soit défini, il est nécessaire que le **radicande $x - 20$** soit positif ou nul. Pour cela, **x doit être supérieur ou égal à 20**. Les points de la représentation graphique de f ont donc tous une abscisse supérieure ou égale à 20. C'est pour cette raison que l'on n'en voit aucun, car, dans la fenêtre choisie, $x_{\max} = 10$.

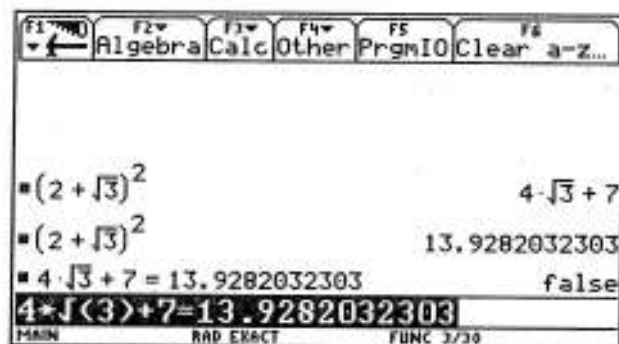
On doit donc choisir pour $x_{\max}$ une valeur supérieure à 20, et pour $x_{\min}$ soit 20, soit une valeur inférieure à 20. Le réel $\sqrt{x - 20}$ étant positif ou nul, le minimum de la fonction f sur $[20 ; +\infty[$ est -3, obtenu lorsque $x = 20$. Donc on a intérêt à choisir pour $y_{\min}$ -3 ou une valeur inférieure à -3 et pour $y_{\max}$ une valeur supérieure à -3.

Fenêtre choisie (par exemple) :

$x_{\min} : 15, x_{\max} : 40, y_{\min} : -5, y_{\max} : 5$



4 Observez l'écran ci-dessous ; la première ligne a été obtenue en tapant **ENTER** la deuxième en tapant **♦** puis **ENTER**, la machine fonctionnant en mode exact.



Rappel : false signifie faux.

Tâche à effectuer :

- 1) Effectuez, à la main, les calculs qui permettent d'obtenir le résultat de la première ligne.
- 2) Que représente le résultat de la deuxième ligne?
- 3) Interprétez le message obtenu sur la troisième ligne, qu'en déduit-on ?

$$\begin{aligned}
 1. (2 + \sqrt{3})^2 &= 2^2 + 2 \cdot 2 \cdot \sqrt{3} + (\sqrt{3})^2 \\
 &= 4 + 4\sqrt{3} + 3 \\
 &= 7 + 4\sqrt{3}
 \end{aligned}$$

2. Le résultat de la deuxième ligne est une **valeur approchée** du nombre $(2 + \sqrt{3})^2$.

3. L'égalité $4\sqrt{3} + 7 = 13.9282032303$ est fausse, car 13.9282032303 est une valeur approchée de $4\sqrt{3} + 7$ et non sa valeur exacte : $4\sqrt{3} + 7$ n'est pas un nombre décimal.



Deuxième partie : Avec la machine.

1. On définit la fonction f : **Define** $f(x) = x^3 / 100 - x^2 / 100 - 37x / 20 + 33 / 4$

On factorise : **Factor** ($f(x)$) , la TI 92 répond :

$$\frac{(x - 11) (x - 5) (x + 15)}{100}$$

2. Pour résoudre l'équation $f(x) = 0$, on utilise l'expression factorisée de $f(x)$. On applique la règle "si un produit de facteurs est nul alors ..." (refrain connu). On obtient $x = -15$ ou $x = 5$ ou $x = 11$.

L'équation $f(x) = 0$ a donc trois solutions : -15 , 5 , 11.

3. En abscisse, tout intervalle contenant les trois solutions de $f(x) = 0$ (-15 , 5 , 11) convient pour le choix de fenêtre, par exemple [-20 , 15].

En ordonnée, bien des choix sont possibles : [-40 , 20] par exemple. On peut effectuer plusieurs essais ou utiliser une commande Zoom (**Zoomfit** en particulier fournit une fenêtre optimale en ordonnée à partir du choix de la fenêtre donné en abscisse par l'utilisateur). Un choix tel que [-20 , 10] laisse échapper une partie de la courbe en haut et en bas de l'écran, mais répond néanmoins aux conditions de l'énoncé ...

4. Pour résoudre l'inéquation $f(x) \geq 0$, on dresse le tableau de signe du produit :

$$(x - 11) (x - 5) (x + 15)$$

x	$-\infty$	-15	5	11	$+\infty$
signe de $(x + 15)$	négatif	0	positif	positif	positif
signe de $(x - 5)$	négatif	négatif	0	positif	positif
signe de $(x - 11)$	négatif	négatif	négatif	0	positif
signe de $f(x)$	négatif	0	positif	0	positif

L'ensemble des solutions est la réunion des deux intervalles [-15 , 5] et [11 , $+\infty$]. Etudier le signe de $f(x)$ revient à étudier la position de la courbe (C) par rapport à l'axe des abscisses. Si la fonction f a été représentée dans la fenêtre [-40 , 20] (par exemple), on constate que la courbe (C) est située au-dessus de l'axe des abscisses pour x appartenant aux intervalles [-15 , 5] et [11 , 20], ce qui est compatible avec l'ensemble des solutions donné ci-dessus.



5. Pour tracer la droite d'équation $y = -2$, on ouvre l'application [Y=], on entre $y_2(x) = -2$, on passe dans l'application [GRAPH] : à la courbe (C) vient s'ajouter la droite (D) d'équation $y = -2$. On observe une intersection "franche" entre (C) et (D) d'abscisse négative (légèrement inférieure à -15) ; d'autre part, pour la fenêtre choisie à la question 3, la courbe (C) semble toucher la droite (D) sur tout un petit intervalle. Pour savoir plus précisément ce qu'il en est, utilisons une commande du menu Zoom, par exemple **ZoomBox** :

1st Corner ? xc : 0 yc : -4 (environ) 2nd Corner ? xc : 12.5 yc : 3 (environ),
puis : 1st Corner ? xc : 7 yc : -2 (environ) 2nd Corner ? xc : 9 yc : -1.8 (environ).

On finit par découvrir deux nouvelles intersections "franches". En conclusion, d'après le graphique, la courbe (C) et la droite (D) ont trois points d'intersection, l'un d'abscisse négative (proche de -15,4), les deux autres d'abscisses positives (voisines de 7,6 et 8,8).

6. D'après le graphique, la droite (D_k) d'équation $y = k$ et la courbe (C) ont :

- 3 points d'intersection pour $k = 10$, par exemple (ou tout nombre k compris entre -2 et 17,3),
- 2 points d'intersection pour deux valeurs de k , l'une voisine de -2, l'autre voisine de 17 (voir (*) ci-dessous)
- 1 point d'intersection pour $k = -5$ ou $k = 20$, par exemple (ou tout nombre k inférieur à -2,1 ou supérieur à 17,4 environ).

Par contre, il n'existe aucune valeur de k pour laquelle la courbe (C) et la droite (D_k) n'ont aucun point d'intersection.

(*) Les deux valeurs de k pour lesquelles la courbe (C) et la droite (D_k) ont deux points d'intersection sont en fait le **minimum relatif** et le **maximum relatif** de f . Pour les obtenir, on peut, dans l'application initiale, taper la commande **[F3] [6] : fMin (f(x),x) | x ≥ 0**.

On obtient $x = \frac{2\sqrt{139} + 1}{3}$; on tape alors $f\left(\frac{2\sqrt{139} + 1}{3}\right)$: la valeur du minimum relatif de f est $\frac{-556 + 5152}{675}$, dont une valeur approchée est -2,0787. On obtient de même le maximum relatif de f à l'aide de la commande **fMax** ; 17,3439 en est une valeur approchée.



EXERCICE N°3 : CONTROLE SPECIFIQUE RÉPONSES (1)

Seules les réponses aux questions 3 et 4 ont été analysées. En effet, ce sont les questions où l'utilisation de la calculatrice paraît la plus pertinente.

- 3 On considère la fonction f définie par $x \mapsto -3 + \sqrt{x - 20}$ (voir écran n°1: $y1(x)=$).

ECRAN n°1

F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
Zoom	Zoom	Trace	ReGraph	Math	Draw				
y1 = -3 + √x - 20									
y2 =									
y3 =									
y4 =									
y5 =									
y6 =									
y7 =									
y8 =									
y9 =									
y10 =									
y1(x) = -3 + √(x-20)									
TP RAD EXACT FUNC									

ECRAN n°2

F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
Zoom	Zoom								
xmin=-10.									
xmax=10.									
xsc1=1.									
ymin=-5.									
ymax=5.									
ysc1=1.									
xres=64									
TP RAD EXACT FUNC									

ECRAN n°3

F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
Zoom	Trace	ReGraph	Math	Draw					
PROGRAM RAD EXACT FUNC									

Tâche à effectuer : Expliquez pourquoi, avec la fenêtre choisie (écran n°2), on n'obtient aucun tracé à l'écran n°3. Quelle fenêtre peut-on choisir pour obtenir un tracé à l'écran ? Justifiez ce choix.



EXERCICE N°3 : CONTROLE SPECIFIQUE RÉPONSES (2)

- Sandrine "La fenêtre choisie est *trop petite* car $x \geq 20$ pour que la racine carrée soit positive vu qu'une racine carrée est toujours positive, donc la fenêtre de x doit être plus grande..."
Fenêtre choisie : xmin : 20, xmax : 80, ymin : -5, ymax : 20.
- Agathe "On n'obtient aucun tracé à l'écran n°3 car la fenêtre est *trop petite* et mal proportionnée. La courbe ne se situe que sur la partie droite de la graduation. On n'a pas besoin de xmin car une racine carrée ne peut jamais être négative, x doit être $x \geq 20$ ".
Fenêtre choisie : xmin : 0, xmax : 70, ymin : -3, ymax : 5.
- David "On n'obtient aucun tracé à l'écran n°3 car pour que la radicande ne soit pas négatif il faut que $x \geq 20$ donc le xmax choisi n'est pas bon. xmin = 20, car il faut que x soit supérieur à 20 ou égal pour que le radicande soit positif ou nul".
Fenêtre choisie : xmin : 20, xmax : 60, ymin : -3, ymax : 30.
- Lucie (E1) "Le radicande d'une racine carrée doit toujours être positif ou nul, alors il faut au moins que x soit égal à 20 pour qu'on puisse calculer la racine, or xmax est égal à 10, donc nous ne verrons pas de tracé".
Fenêtre choisie : xmin : 20, xmax : 1000, ymin : -5, ymax : 5.
- Alice A. " $y = -3 + \sqrt{x - 20}$, cette fonction comprend une racine carrée, elle ne sera représentée qu'au-dessus de l'axe des abscisses, par conséquent ymin = -5 n'est pas indispensable. x ne peut pas être inférieur à 20 car le radicande doit être toujours positif donc xmin = 20".
Fenêtre choisie : xmin : 20, xmax : *pas de réponse*, ymin : *pas de réponse*, ymax : *pas de réponse*.
- Alice C. "Avec la fenêtre choisie dans l'écran n°2, on n'obtient aucun tracé à l'écran car la fenêtre est *trop petite* ; xmin est égal à -10, alors qu'il faudrait -20".
Fenêtre choisie : xmin : -20, xmax : 20, ymin : -5, ymax : 5.



EXERCICE N°3 : CONTROLE SPECIFIQUE RÉPONSES (3)

- Audrey (E9) "Pour obtenir un tracé à l'écran, il faut choisir, tenir compte de la fonction de la courbe. Premièrement, un radicande d'une racine carrée ne pouvant être négatif, il faut choisir $x \geq 20$; donc je choisis $x_{\min} = 20$. La valeur de $x_{\max}$ n'a pas trop d'importance, mais il vaut mieux la prendre élevée et la modifier si l'on veut par la suite. Pour $y_{\min}$, je remplace x par la plus petite valeur qu'elle peut atteindre (ici 20) et j'obtiens avec cela $f(20) = -3$. La valeur de $y_{\min}$ est -3. Pour $y_{\max}$, même remarque que pour $x_{\max}$ ".
Fenêtre choisie : $x_{\min} : 20$, $x_{\max} : 100$, $y_{\min} : -3$, $y_{\max} : 50$.
- Caroline *Pas de réponse.*
- Cécile "Avec la fenêtre choisie, on n'obtient pas le tracé car $x_{\min} = -10$ et $x_{\max} = 10$ étant l'intervalle, la fonction n'a pas de solution car le radicande est négatif ($-3 + \sqrt{-10}$ et $-3 + \sqrt{-10}$). Pour obtenir un tracé à l'écran, il faudrait prendre un intervalle de telle sorte que le radicande de y_1 soit positif ou nul donc $x > 20$ ".
Fenêtre choisie : $x_{\min} : -30$, $x_{\max} : 30$, $y_{\min} : -5$, $y_{\max} : 5$.
- Christelle "On n'obtient aucun tracé à l'écran n°3, car pour que le radicande ne soit pas négatif il faut que $x \geq 20$, donc le $x_{\max}$ choisi n'est pas bon. $y_{\min} = -3$, car c'est le minimum de la fonction, car si le radicande est égal à 0 on aura $y = -3$. $x_{\min} = 20$, car il faut que x soit supérieur à 20 ou égal pour que le radicande soit positif ou nul".
Fenêtre choisie : $x_{\min} : 20$, $x_{\max} : 60$, $y_{\min} : -3$, $y_{\max} : 30$.
- Daniel "On n'obtient aucun tracé sur l'écran n°3, car la fenêtre choisie n'est pas bonne, elle n'est pas prise à l'endroit où se trouve la courbe".
Fenêtre choisie : $x_{\min} : 20$, $x_{\max} : +\infty$, $y_{\min} : -5$, $y_{\max} : +\infty$.
- Elodie "Ce ne sont pas les *bons intervalles*. Si l'on prend $x_{\min} = -10$, le radicande de la racine est négatif".
Fenêtre choisie : $x_{\min} : 20$, $x_{\max} : 40$, $y_{\min} : -5$, $y_{\max} : 20$.



EXERCICE N°3 : CONTROLE SPECIFIQUE RÉPONSES (4)

- Emilie (E4) "Avec cette fenêtre, nous n'obtenons pas de courbe, car ça ne correspond pas à la fonction. Nous savons qu'une racine carrée est toujours positive ou nulle donc $y_{\min} = -3$ et $y_{\max} > -3$. De plus, x doit être supérieur ou égal à 20 car le radicande ne peut pas être négatif".
Fenêtre choisie: $x_{\min} : 20$, $x_{\max} : 5$, $y_{\min} : -3$, $y_{\max} : 5$.
- Frédéric (E6) "Avec la fenêtre choisie, il est normal que l'on n'obtienne aucun tracé à l'écran. En effet, dans la fenêtre choisie x (*réponse ambiguë, s'agit-il de x ou de $\sqrt{x-20}$?*) n'est pas défini dans le bon intervalle, on a choisi un $x_{\min}$ et un $x_{\max}$ trop petits,..."
Fenêtre choisie : $x_{\min} : 20$, $x_{\max} : 100$, $y_{\min} : -3$, $y_{\max} : 6$.
- Gabriel "on sait que x doit être supérieur ou égal à 20, ..., car $\sqrt{x-20}$ ne peut être calculé si $x < 20$, etc".
Fenêtre choisie : $x_{\min} : 19$, $x_{\max} : 39$, $y_{\min} : -4$, $y_{\max} : 14$.
- J. François (E8) "On n'obtient aucun tracé à l'écran, car quand on a $x \in [-10, 10]$ et que l'on remplace x dans $y = -3 + \sqrt{x-20}$ et bien on obtiendra toujours un radicande négatif, alors on ne peut pas calculer une racine carrée négative (*au lieu de la racine carrée d'un nombre négatif*)".
Fenêtre choisie : $x_{\min} : 20$, $x_{\max} : 40$, $y_{\min} : -3$, $y_{\max} : 10$.
- Joëlle (E3) "Il faut que x soit supérieur à 20 pour qu'il y ait une courbe, car un radicande doit toujours être positif ou nul, il n'est pas négatif. On n'obtient aucun tracé à l'écran car on n'a aucune valeur de x ".
Fenêtre choisie : $x_{\min} : 20$, $x_{\max} : 60$, $y_{\min} : -5$, $y_{\max} : 5$.
- Julie "Avec la fenêtre de l'écran n°2, on considère que x varie entre -10 et 10, or à ce moment là, la racine carrée est négative. Par conséquent, il faut avoir $x \geq 20$, à ce moment là, l'équation est possible car la racine carrée est positive ou nulle,..."
Fenêtre choisie : $x_{\min} : 20$, $x_{\max} : 100$, $y_{\min} : -3$, $y_{\max} : 100$.



EXERCICE N°3 : CONTROLE SPECIFIQUE RÉPONSES (5)

- Laëtitia "On n'obtient aucun tracé à l'écran n°3, car dans l'écran n°2 $x_{\min}$ est trop petit car x peut être supérieur ou égal à 20, $x_{\max}$ est lui aussi trop petit (car si $x = 100$, on obtient 80) et ici $x_{\max}$ ne fait que 10. Et enfin $y_{\min}$ est par contre un peu grand car dans f , y ne vaut que -3 , idem pour $y_{\max}$ (on peut par conséquent le remplacer par 3 tout simplement".
Fenêtre choisie : $x_{\min} : -20$, $x_{\max} : 60$, $y_{\min} : -3$, $y_{\max} : 3$.
- Laure "On n'obtient aucun tracé à l'écran car dans cette fonction nous avons une racine carrée, nous savons qu'elle ne peut pas être négative, donc x dans $\sqrt{x - 20}$ doit être supérieur ou égal à 20".
Fenêtre choisie : $x_{\min} : \text{pas de réponse}$, $x_{\max} : \text{pas de réponse}$, $y_{\min} : -3$, $y_{\max} : 20$.
- Ludivine "Avec la fenêtre choisie on n'obtient aucun tracé à l'écran, car $y = -3 + \sqrt{x - 20}$, si l'on remplace x dans cette équation par les deux valeurs de $x_{\min}$ et $x_{\max}$ de la fenêtre, on obtient une racine carrée négative $\sqrt{-10}$ ou $\sqrt{-30}$, or le radicande ne peut pas être négatif. Donc il faut choisir $x_{\min}$ et $x_{\max}$ pour avoir un radicande positif."
Fenêtre choisie : $x_{\min} : 21$, $x_{\max} : 50$, $y_{\min} : -5$, $y_{\max} : 5$.
- Magali A *Pas de réponse.*
- Magali B. "On obtient rien car la fenêtre est mal choisie : la courbe représentée se trouve forcément en haut de l'axe des abscisses, car tout le monde sait qu'une racine carrée est toujours positive..."
(E2)
Fenêtre choisie : $x_{\min} : 0$, $x_{\max} : 20$, $y_{\min} : 0$, $y_{\max} : 20$.
- Mathieu "Un radicande est toujours positif donc $\sqrt{x - 20} \geq 0$, donc $x \geq 20$. Donc $x_{\min} \geq 20$ ".
Fenêtre choisie : $x_{\min} : 20$, $x_{\max} : 61$, $y_{\min} : -27$, $y_{\max} : 0$ (*$y_{\min}$ et $y_{\max}$ résultent d'erreurs de calculs*).



EXERCICE N°3 : CONTROLE SPECIFIQUE RÉPONSES (6)

- Mélanie (E7) "On obtient pas de tracé car le radicande de la racine carrée $\sqrt{x - 20}$ doit être positif ou nul, pour cela il faut que $x \leq 20$. Or la fenêtre se limite à -10 , donc c'est impossible que le tracé apparaisse".
Fenêtre choisie : $x_{\min} : 20$, $x_{\max} : +\infty$, $y_{\min} : -3$, $y_{\max} : +\infty$.
- Muriel "On n'obtient aucun tracé à l'écran car la valeur pour $x_{\max}$ n'est pas assez grande. Il y a forcément une valeur supérieure à 20 , car sinon le radicande serait négatif et on ne pourrait pas tracer la courbe".
Fenêtre choisie : $x_{\min} : 0$, $x_{\max} : 70$, $y_{\min} : -3$, $y_{\max} : 5$.
- Philippe (E6) "Le coefficient directeur (!!) est $\sqrt{x - 20}$, donc la fonction ne sera définie que pour x supérieur à 20 , car le radicande d'une racine carrée est obligatoirement positif,..."
Fenêtre choisie : $x_{\min} : 20$, $x_{\max} : 40$, $y_{\min} : -5$, $y_{\max} : 5$.
- Rodolphe "Avec la fenêtre choisie on n'obtient aucun tracé à l'écran, car la fenêtre n'est pas bien adaptée, les valeurs minimum et maximum de l'abscisse et de l'ordonnée sont trop petites".
Fenêtre choisie : $x_{\min} : -40$, $x_{\max} : 40$, $y_{\min} : -20$, $y_{\max} : 20$.
- Sandrine "La fenêtre choisie est trop petite, $x \geq 20$, pour que la racine carrée soit positive vu qu'une racine carrée est toujours positive, donc la fenêtre de x doit être plus grande..."
Fenêtre choisie : $x_{\min} : 20$, $x_{\max} : 80$, $y_{\min} : -5$, $y_{\max} : 20$.

**EXERCICE N°3 : CONTROLE SPECIFIQUE COMMENTAIRES (1)**

Signification des codes :

Nous avons repris le codage des cahiers d'évaluation de seconde, c'est-à-dire :

- code 0 : pas de réponse
- code 1 : réponse correcte
- code 9 : autre réponse

	$x \geq 20$	Justification	Verbalisation de cette Justification	xmin	ymin	Justification de ymin
Agathe	1	9	9	1	1	0
Alice A.	1	1	1	1	0	9
Alice C.	9	9	9	9	1	0
Audrey (E9)	1	1	1	1	1	1
Caroline	0	0	0	0	0	0
Cécile	1	1	1	1	1	0
Christelle	1	1	1	1	1	1
Daniel	0	9	9	1	1	0
David	1	1	1	1	1	0
Elodie	0	9	9	1	1	0
Emilie (E4)	1	1	9	1	1	0
Frédéric (E6)	0	0	9	1	1	0
Gabriel	1	1	1	1	1	0
J. François (E8)	0	9	9	1	1	0
Joëlle (E3)	1	1	1	1	1	0
Julie	1	1	9	1	1	0
Laëtitia	1	1	1	1	1	0
Laure	1	9	9	0	1	0
Ludivine	0	9	9	9	1	0
Lucie (E1)	1	1	1	1	1	0
Magali A.	0	0	0	0	0	0
Magali B. (E2)	0	9	9	9	1	0
Mathieu	1	1	9	1	9	0

**EXERCICE N°3 : CONTROLE SPECIFIQUE COMMENTAIRES (2)**

Mélanie (E7)	9	1	1	1	1	0
Muriel	0	1	1	9	1	0
Philippe (E5)	1	1	9	1	1	0
Rodolphe	0	9	9	9	9	0
Sandrine	1	9	9	1	1	0

- Dans la première colonne, le code 1 correspond à tous ceux qui, dans leur rédaction, mentionnent la condition " $x \geq 20$ " pour que l'expression $\sqrt{x-20}$ soit définie.

- Dans la colonne suivante, le code 1 correspond à une justification correcte, même si $x \geq 20$ n'est pas mentionné explicitement (par exemple, Muriel).

- Dans la colonne n°3, le code 1 correspond à une verbalisation correcte de la justification précédente.

Nous constatons qu'il y a 20 réponses correctes sur 27 pour $x_{\min}$ et 23 pour $y_{\min}$. Cependant, si l'on trouve 25 réponses (correctes ou non) concernant la justification du choix de x ou de $x_{\min}$, il n'y en a plus que 3 pour $y_{\min}$.

La consigne "*quelle fenêtre peut-on choisir pour obtenir un tracé à l'écran ? Justifiez ce choix*", n'a pas été respectée.

- On trouve 16 fois la mention $x \geq 20$, dont 13 seulement sont accompagnées d'une justification correcte.

- Les justifications incorrectes viennent le plus souvent d'une verbalisation mal maîtrisée (cf. Laure, Sandrine, Agathe).

- Concernant la justification du choix de $x_{\min}$, on trouve 20 réponses correctes qui sont à comparer aux 16 réponses concernant $x \geq 20$. Un choix acceptable de $x_{\min}$ peut s'accompagner d'une verbalisation incorrecte (voir Agathe, Daniel, Emilie, etc.).



Ces réponses concernant la justification d'un choix de fenêtrage indiquent que, pour la plupart des élèves, ce choix se limite à celui d'un intervalle sur l'axe des abscisses. Les élèves considèrent que le choix de x étant fait, il n'y a pas lieu de justifier le choix de y . Ce comportement observé correspond à une certaine pratique concernant les fonctions : l'ensemble image est rarement étudié en tant que tel, en seconde du moins.

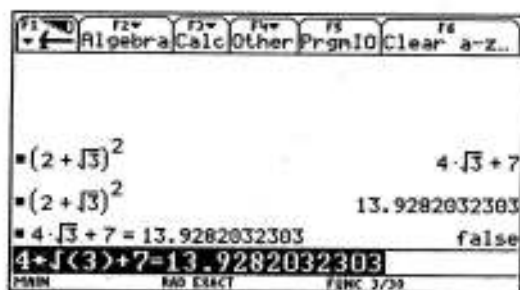
Il semble que 20 élèves sur 27 ont compris la question en donnant un $x_{\min}$ correct, mais ces réponses sont souvent entachées d'une verbalisation déficiente du type "*une racine carrée est toujours positive*" (Agathe, J. François, Laure), un élève parle même de "coefficient directeur" (Philippe) et nous retrouvons (cf. cinquième partie, §B) la confusion entre équation et fonction (Cécile, Julie, Ludivine). Si la confusion entre racine carrée et radicande perdure, il n'en demeure pas moins que le rôle du nombre 20 a été bien perçu par une large majorité de la classe.

Enfin, remarquons qu'il n'y a aucune réponse où la machine prenne le pas sur la notion abordée. Il est peu probable que, dans un contexte classique où l'ensemble de définition de la fonction $x \mapsto \sqrt{x-20}$ aurait été demandé, les réponses auraient été meilleures. En décontextualisant ce type de question, les élèves se trouvent devant un vrai problème (pourquoi n'y a-t-il aucun tracé à l'écran ?) qui leur donne une meilleure perception de l'ensemble de définition. Il est ainsi possible, avec la machine, d'aborder autrement une notion assez difficile à transmettre.



EXERCICE N°4 : CONTROLE SPECIFIQUE RÉPONSES (1)

4 Observez l'écran ci-dessous ; la première ligne a été obtenue en tapant **ENTER**, la deuxième en tapant **♦ ENTER** la machine fonctionnant en mode exact.



Rappel : *false* signifie faux.

Tâche à effectuer :

- 1) Effectuez, à la main, les calculs qui permettent d'obtenir le résultat de la première ligne.
- 2) Que représente le résultat de la deuxième ligne?
- 3) Interprétez le message obtenu sur la troisième ligne, qu'en déduit-on ?

Réponses à la question n°1

$$(2 + \sqrt{3})^2 = 4 + 4\sqrt{3} + 3 = 4\sqrt{3} + 7$$

ou bien

$$(2 + \sqrt{3})^2 = (2 + \sqrt{3})(2 + \sqrt{3}) = 4 + 2\sqrt{3} + 2\sqrt{3} + 3 = 4\sqrt{3} + 7$$

Toutes les réponses à cette question sont correctes.



EXERCICE N°4 : CONTROLE SPECIFIQUE RÉPONSES (2)

Réponses aux questions n°2 & 3

- Agathe
- 1) "le résultat de la 2^{ème} ligne est un résultat approché, cela permet d'obtenir un résultat sous forme décimale".
 - 2) "La 2^{ème} ligne est un résultat approché non exact, c'est un résultat approché, tandis que la première est un résultat exact. Donc ceci n'est pas exact".
- Alice A.
- 1) " Le résultat de la 2^{ème} ligne représente une valeur approchée de $4\sqrt{3} + 7$ ".
 - 2) "D'après le message obtenu sur la 3^{ème} ligne, on peut déduire qu'une valeur approchée même avec un grand nombre de décimales après la virgule n'est pas égale à une valeur exacte".
- Alice C.
- 1) "Le résultat de la 2^{ème} ligne représente une valeur exacte du résultat de $(2 + \sqrt{3})^2$ ".
 - 2) D'après le message obtenu sur la 3^{ème} ligne, on en déduit que la valeur obtenue n'était pas tout à fait exacte mais approchée, car il manque des chiffres ou bien la valeur est arrondie".
- Audrey
(E9)
- 1) "Le résultat de la 2^{ème} ligne est la valeur approchée de $4\sqrt{3} + 7$, c'est un résultat arrondi".
 - 2) "Le message de la 3^{ème} ligne, *false*, montre que $(2 + \sqrt{3})^2$ n'est pas égal à 13,9282033203, ce qui est compréhensible car l'un est une valeur approchée de l'autre ce qui signifie que c'est un résultat arrondi et non exact donc il ne peut pas lui être égal".
- Caroline
- 1) "Le résultat de la 2^{ème} ligne représente la valeur approchée de $(2 + \sqrt{3})^2$ ".
 - 2) "On en déduit que $\sqrt{3}$ n'a pas de valeur exacte".
- Cécile
- 1) "Le résultat de la seconde ligne représente le calcul de $(2 + \sqrt{3})^2$, mais en prenant la valeur approximative de $\sqrt{3}$ qui est à peu près 1,7320508".
 - 2) Le message sur la 3^{ème} ligne est faux. J'en déduis que 13,9282032303 n'est pas le résultat exact de $(2 + \sqrt{3})^2$ ".



EXERCICE N°4 : CONTROLE SPECIFIQUE RÉPONSES (3)

- Christelle
- 1) "La 2^{ème} ligne représente la valeur approchée de la première ligne".
 - 2) "En donnant ce message la machine dit que $4\sqrt{3} + 7 \neq 13,9282032303$. On peut en déduire que le résultat donné à la 2^{ème} ligne est un résultat approximatif et donc qu'après 13,92823032303, il y a d'autres chiffres".
- Daniel
- 1) "C'est le résultat décimal de la première ligne".
 - 2) "Le message obtenu sur la 3^{ème} ligne veut dire que le résultat décimal de la première ligne n'est pas complet, car il n'est pas égal à $(2 + \sqrt{3})^2$ ".
- David
- 1) "Le résultat de la 2^{ème} ligne représente une écriture décimale de celui de la première".
 - 2) "Le message obtenu signifie que l'écriture décimale n'est pas égale à l'écriture sous forme de racine carrée. J'en déduis alors que le résultat de la 2^{ème} ligne est une valeur approchée et qu'il y a encore des chiffres après la virgule".
- Elodie
- 1) "Le résultat de la 2^{ème} ligne représente, en mode exact plus le $\square$, c'est-à-dire en mode approximatif. C'est donc le résultat approximatif de $4\sqrt{3} + 7$ ".
 - 2) "La machine nous informe que l'on ne peut pas effectuer ce genre d'égalité. On peut en déduire que $4\sqrt{3} + 7$ n'est pas égal à un résultat approximatif".
- Emilie
(E4)
- 1) "Le résultat de la 2^{ème} ligne représente la valeur approchée de la racine de 3 multipliée par 4 et additionnée à 7. On a ce résultat à cause de la valeur approchée de $\sqrt{3}$ ".
 - 2) "Le résultat obtenu est *false*, la machine n'est pas d'accord avec ce que j'écris, je peux donc en déduire que 13,9282032303 est une valeur arrondie de la valeur approchée et qu'elle n'est pas égale à $4\sqrt{3} + 7$ ".



EXERCICE N°4 : CONTROLE SPECIFIQUE RÉPONSES (4)

- Frédéric (E6) 1) "Le résultat de la 2^{ème} ligne est une valeur approchée".
2) "On en déduit tout simplement que $4\sqrt{3} + 7$ n'est pas égal à 13,9282032303 car $4\sqrt{3} + 7$ est une valeur exacte tandis que l'autre est approchée, elle est proche du résultat exact mais n'est qu'approchée".
- Gabriel 1) "Le résultat de la 2^{ème} ligne représente le résultat approché avec 10 chiffres après la virgule".
2) "On en déduit que la machine fait la différence entre un résultat exact et un résultat approché. *False* signifie que l'égalité inscrite sur la machine est considérée comme inexacte par la machine".
- J. François (E8) 1) "Le résultat de la 2^{ème} ligne représente la valeur approchée de $(2 + \sqrt{3})^2$ ".
2) " $4\sqrt{3} + 7$ n'est pas égal à 13,9282032303".
- Joëlle (E3) 1) "Le résultat de la 2^{ème} ligne est la valeur la plus approchée de $4\sqrt{3} + 7$ avec des nombres décimaux".
2) "Le message obtenu sur la 3^{ème} ligne nous montre que $4\sqrt{3} + 7$ n'est pas égal à 13,9282032303. On en déduit, que même en mode exact, un calcul n'a pas deux résultats".
- Julie 1) "le résultat de la 2^{ème} ligne est approché, c'est-à-dire qu'il est calculé avec une valeur arrondie de $\sqrt{3}$ ".
2) "La TI 92 indique que l'égalité est fausse, c'est-à-dire que le premier résultat et le 2^{ème} résultat ne sont pas égaux. On en déduit que la TI 92 fait la différence entre un résultat exact et un résultat approximatif, même s'ils sont peu différents".
- Laëtitia 1) "Le résultat de la 2^{ème} ligne est la valeur approchée de $(2 + \sqrt{3})^2$ ".
2) "On a associé le résultat du développement avec le résultat de la valeur approchée de $(2 + \sqrt{3})^2$ et cela nous a donné *false*, car le 2^{ème} résultat n'est qu'une valeur approchée et on nous dit dans l'énoncé que la machine fonctionne en mode exact, c'est pour cela que l'on obtient *false*".



EXERCICE N°4 : CONTROLE SPECIFIQUE RÉPONSES (5)

- Laure
- 1) " Le résultat de la 2^{ème} ligne est le résultat approché de $(2 + \sqrt{3})^2$ ".
 - 2) "On peut en déduire que le premier résultat donné par la machine est faux, qu'il aurait fallu utiliser *Expand* pour être sûr du résultat".
- Lucie
(E1)
- 1) "Le résultat de la 2^{ème} ligne est une valeur approchée de $(2 + \sqrt{3})^2$ ".
 - 2) "La machine est en mode exact mais le résultat approché ne sera jamais égal au résultat exact. On en déduit que la machine accepte pour une égalité des données exactes".
- Ludivine
- 1) "Le résultat de la 2^{ème} ligne représente la somme de $4\sqrt{3} + 7$; c'est-à-dire $4\sqrt{3} + 7$ ".
 - 2) " $4\sqrt{3} + 7 = 13,9282032303$, cela signifie que 13,9282032303 n'est pas le résultat exact de $4\sqrt{3} + 7$, d'où la machine affiche *false*".
- Magali B.
(E2)
- 1) "Le résultat de la 2^{ème} ligne représente le mode approché puisque là nous sommes en mode exact et $\blacklozenge$ **ENTER** signifie mode approché".
 - 2) "Quand la machine est en mode exact, si on lui met un résultat obtenu en mode approché elle le refuse et indique *false*".
- Magali A.
- 1) " Le résultat de la 2^{ème} ligne représente la valeur approchée de $(2 + \sqrt{3})^2$ ".
 - 2) "La 3^{ème} ligne dit que $4\sqrt{3} + 7$ n'est pas égal à 13,9282033203. On peut en déduire que la valeur approchée d'un calcul ne sera jamais égale à la valeur exacte".
- Mathieu
- 1) "Le résultat obtenu est la valeur approchée de $(2 + \sqrt{3})^2$ ".
 - 2) "La machine affiche *false* car on veut additionner une valeur exacte avec une valeur approchée ce qui est impossible. Le message attendu devrait être *true* mais la machine ne peut effectuer le calcul".
- Mélanie
(E7)
- 1) "Le résultat de la 2^{ème} ligne est la valeur approchée de $(2 + \sqrt{3})^2$ ".
 - 2) Il apparaît *false* sur la 3^{ème} ligne car 13,9282032303 n'est pas la valeur exacte de $4\sqrt{3} + 7$. On en déduit que $(2 + \sqrt{3})^2 = 4\sqrt{3} + 7$ mais 13,9282032303 est environ égal à $(2 + \sqrt{3})^2$ ou à $4\sqrt{3} + 7$ ".

**EXERCICE N°4 : CONTROLE SPECIFIQUE RÉPONSES (6)**

- Muriel
- 1) "Le résultat de la 2^{ème} ligne est le résultat approché du calcul tapé".
 - 2) " $4\sqrt{3} + 7$ est une valeur exacte donc on ne peut pas écrire qu'elle est égale à une valeur approchée. C'est pourquoi la machine répond *false*."
- Philippe (E5)
- 1) "Le résultat de la deuxième ligne est une valeur approchée du résultat de la première ligne. On a donné une valeur approchée à $\sqrt{3}$ ".
 - 2) La valeur approchée de $(2 + \sqrt{3})^2$ n'est pas égale à sa valeur exacte. Pour obtenir une égalité vraie, il faudrait que $\sqrt{3}$ ait une valeur exacte avec ses décimales".
- Rodolphe
- 1) "Le résultat de la 2^{ème} ligne est le résultat approché".
 - 2) "En prenant le résultat approché et en disant qu'il est égal au résultat exact la machine répond *false*. J'en déduis que le résultat approché n'est pas égal au résultat exact".

L'analyse des réponses montre avant tout que cet exercice a été mal conçu et que peu de conclusions peuvent en être tirées. Le fait que toutes les réponses à la première question soient correctes ne prouve pas que, dans un autre contexte, aucune erreur n'aurait été relevée : en effet, si l'on demande, dans un exercice classique, de développer $(2 + \sqrt{3})^2$, un certain nombre d'élèves oubliant le double produit donnent 7 comme résultat.

Les réponses aux questions 2 et 3 ne permettent pas de voir si les élèves ont réellement compris la différence entre valeur approchée et valeur exacte. On peut distinguer malgré tout quelques élèves qui semblent avoir compris et quelques élèves qui n'ont manifestement pas compris ; pour les autres, il est impossible de décider. En fait, une réponse comme *"le résultat approché n'est pas égal à la valeur exacte"* peut n'être qu'une transcription de ce qui est vu à l'écran ou, au contraire, la manifestation que l'élève a compris. Seule, dans le cas présent, la connaissance des élèves par l'enseignant peut donner une indication du cas où l'on se trouve. Il est probable que, parmi les élèves qui semblent avoir compris, l'on peut citer : Agathe, Audrey (E9), David, Frédéric (E6), Gabriel, Julie, Ludivine, Mélanie (E7).

Parmi les élèves qui n'ont certainement pas compris et qui, cependant, donnent des réponses similaires aux précédentes on peut citer : Cécile, J. François (E8), Joëlle (E3), Rodolphe. Pour les autres qui ont émis le même type de réponse il est impossible de décider : Emilie (E4), Alice A., Elodie, Lucie (E1), Muriel. Parmi ceux qui n'ont manifestement pas compris, l'on peut citer : Caroline, Laetitia, Magali B. (E2), Mathieu, Philippe (E5), Sandrine.

Les réponses à cet exercice ne sont donc manifestement pas significatives, cependant il est intéressant de noter le vocabulaire employé par les élèves. Pour la plupart ils parlent de **"la** valeur approchée" de préférence à **"une** valeur approchée", certains élèves parlent d'**une** valeur exacte, ceci montre qu'il s'agit de notions qui sont loin d'être acquises et à quel point la verbalisation est difficile dans ce type de questions. Des termes comme arrondi, approximatif ou pas tout à fait exact reviennent fréquemment. D'une façon plus générale, l'on peut s'interroger sur le sens du mot **valeur** qu'il faut donner aux élèves pour des nombres comme $4\sqrt{3} + 7$, $(2 + \sqrt{3})^2$ et 13,9282022303.



EXERCICE N°4 : CONTROLE SPECIFIQUE COMMENTAIRES (2)

Trois réponses nous amènent à nous interroger sur la représentation que les élèves ont d'une valeur approchée. Ce sont celles de David qui écrit :

- *J'en déduis alors que le résultat de la 2^{ème} ligne est une valeur approchée et qu'il y a encore des chiffres après la virgule.*

et de Christelle :

- *On peut en déduire que le résultat donné à la 2^{ème} ligne est un résultat approximatif et donc qu'après 13,92823032303, il y a d'autres chiffres.*

Celle de Daniel est semble-t-il du même ordre puisqu'il affirme :

- *Le message obtenu sur la 3^{ème} ligne veut dire que le résultat décimal de la première ligne n'est pas complet car il n'est pas égal à $(2 + \sqrt{3})^2$.*

Faut-il en déduire que ces deux élèves pensent que si le nombre de décimales était suffisant, on finirait par obtenir un résultat exact ?

S'il est vrai que les réponses a priori correctes ne nous apportent rien, il n'en est pas de même des réponses où la machine prend le pas sur la question posée.

Ainsi Laure :

- *On peut en déduire que le premier résultat donné par la machine est faux, qu'il aurait fallu utiliser **Expand** pour être sûr du résultat.*

Magali B (E2) :

- *Quand la machine est en mode exact, si on lui met un résultat obtenu en mode approché elle le refuse et indique false.*

Mathieu :

- *La machine affiche false car on veut additionner une valeur exacte avec une valeur approchée ce qui est impossible. Le message attendu devrait être true mais la machine ne peut effectuer le calcul.*

ou Lucie (E1) :

- *La machine est en mode exact mais le résultat approché ne sera jamais égal au résultat exact. On en déduit que la machine accepte pour une égalité des données exactes.*

Ces élèves n'ont pas su analyser les résultats en prenant une distance suffisante par rapport à la machine, ils n'ont pas reconnu des notions déjà rencontrées, ni mobilisé leurs connaissances pour les étudier. Aucune décontextualisation n'a été opérée et il est probable que la machine peut, dans ce cas, constituer un handicap.

Comme on vient de le voir, la conception de l'exercice n'a pas permis d'interpréter les réponses correctes, c'est surtout à travers les autres réponses que l'on peut avoir une certaine idée des représentations des élèves. Il est donc indispensable de revoir ce type de question. Plusieurs idées sont possibles : faire traiter des exemples comportant des rationnels (nous avons pu constater chez certains élèves que tout ce qui comportait des décimales était qualifié d'approché), proposer aux élèves des situations où l'interprétation d'un résultat donné par la machine ne serait qu'un prétexte pour aborder une notion plus complexe, faire varier le nombre de chiffres après la virgule (le langage utilisé varie en fonction de ce nombre : avec 1, 2 ou 3 chiffres, des termes comme dixième, centième, ..., 10^{-1} , 10^{-2} , peuvent être utilisés, au-delà la verbalisation est plus difficile). Une autre idée serait de concevoir un travail sur les différentes représentations des nombres chez les élèves ; ce travail doit s'inscrire dans la durée, en ayant conscience qu'en fin de seconde et probablement de première, les notions de valeur exacte et de valeur approchée ne seront pas définitivement acquises.

SYNTHÈSE ET PERSPECTIVES

Les opinions des élèves et leur évolution

Dans cette classe de seconde de 30 élèves d'un niveau assez faible, après six mois d'utilisation de la TI 92, l'impression globale sur l'expérimentation est, pour la quasi-totalité des élèves, positive. Le point de vue des élèves sur les calculatrices a souvent été modifié au cours de cette année, les raisons invoquées font référence aux nouvelles possibilités attrayantes de la TI 92. Cette dernière est généralement considérée comme un outil incitant à plus de réflexion, même si beaucoup d'élèves considèrent qu'ils ont été obligés d'apprendre des choses inutiles.

Ces élèves (qui n'avaient pas de calculatrice graphique et n'avaient pas auparavant manipulé de logiciels de Mathématiques) ont apprécié les potentialités de la TI 92. Après trois mois d'utilisation, ils estiment, en majorité, se débrouiller moyennement avec cette calculatrice : ce sont les applications Geometry et Graph qui leur ont posé le plus de difficultés. Ils apprécient les nouvelles possibilités dans les trois applications (initiale, Graph, Geometry), l'intérêt du calcul exact, de la vérification graphique et algébrique et la possibilité de voir à l'écran ce que l'on a tapé.

Parmi ce que les élèves n'ont pas apprécié, la complexité de la machine est fréquemment mentionnée. En fin d'année, plus que des difficultés spécifiques à une commande, ce qui continue de gêner les élèves, c'est la difficulté à anticiper le résultat produit par la touche Enter dans l'application initiale (résultat fréquemment jugé incohérent par les élèves) et le fait que "la machine n'est pas toujours capable de répondre".

Si les élèves ont apprécié le nouveau mode d'organisation de la classe et le travail de groupe, ils sont moins affirmatifs sur l'activité de recherche. De plus, pour la majorité d'entre eux, le travail de rédaction est ressenti comme une contrainte, même si certains élèves le reconnaissent utile.

Dans le questionnaire bilan, on remarque une grande prise de conscience par les élèves des possibilités et limites de la TI 92 : la manipulation de cet outil nécessite des connaissances mathématiques et, si les élèves le considèrent comme une aide à la vérification des résultats, il ne dispense pas des démonstrations...

L'utilisation de la calculatrice rétroprojetable a été appréciée par la quasi-totalité des élèves. Rappelons qu'il y a eu dès les premières séances un changement dans le dispositif prévu ; en effet, il s'est avéré très rapidement que la manipulation de la calculatrice rétroprojetable par l'enseignant masquait la plupart des difficultés qui pouvaient surgir : nous avons donc adopté le principe de faire manipuler à tour de rôle par les élèves cette calculatrice qui reste visible par la classe entière. C'est un dispositif identique que L. Trouche a adopté pour sa classe expérimentale de Terminale, il désigne par **élève-sherpa** celui qui libère l'enseignant de la "charge" de la manipulation [Trouche 96-b]. Ce dispositif permet également à celui-ci de "voir en direct" les difficultés de l'élève et d'adapter le rythme en conséquence.

En ce qui concerne l'utilisation personnelle de la TI 92, même si pour une grande partie des élèves, la calculatrice les a aidés à mieux comprendre une notion, ils n'ont pas l'impression qu'elle a eu un effet important sur leur apprentissage des Mathématiques.

Difficultés de manipulation

La bonne ergonomie de la machine a facilité la prise en main par les élèves. Parmi ces derniers qui n'étaient pas, pour la plupart d'entre eux, convaincus que l'ordinateur peut aider à comprendre une notion en Mathématiques, tous ont fait un réel effort, au cours de ces cinq mois, pour s'approprier cet outil complexe. Les élèves disent avoir utilisé assez souvent les documents distribués par le professeur et, plus particulièrement, les fiches manipulations, activités mathématiques et caractéristiques. La moitié des élèves a d'ailleurs complété ces documents. Mais ces documents n'ont pas remplacé le manuel Texas puisque la plupart des élèves le consulte également, même si cette utilisation paraît moins régulière. Cette utilisation des documents, qui n'a pas été observée dans les autres expérimentations en cours [Rennes 96], peut sans doute s'expliquer par le fait qu'il s'agit d'une classe de seconde n'ayant pas eu auparavant de calculatrices graphiques : la différence de complexité entre la TI 92 et la calculatrice personnelle est par conséquent beaucoup plus importante.

En fin d'année, l'interprétation des messages d'erreur et le parenthésage semblent ne plus poser de problème majeur ; rappelons toutefois que beaucoup de temps durant les séances a été consacré par l'enseignant à résoudre les difficultés rencontrées. Ce fait peut expliquer la différence observée par rapport aux recherches antérieures [Artigue & al 95]. Les entretiens de fin d'année indiquent un net progrès dans l'appropriation par rapport aux premiers entretiens : en particulier, l'on constate que la plupart des élèves sont beaucoup plus à l'aise dans l'application graphique que lors des premiers entretiens (cf. recherche du minimum dans le §A de la cinquième partie), ce qui

est parfaitement naturel puisque les premiers entretiens ont été menés peu de temps après l'introduction des fonctions.

Les difficultés rencontrées à propos des commandes **Factor** et **Expand** mettent en évidence qu'une manipulation correcte nécessite que l'élève attribue une signification mathématique aux différentes fonctionnalités et que, face à un résultat inattendu, il y ait un certain questionnement. Les élèves les plus faibles ne paraissent pas encore être entrés dans une telle démarche. Il s'avère que, au delà de l'apprentissage des fonctionnalités de la machine, ce sont fréquemment les lacunes mathématiques qui font obstacle. Signalons que les élèves en ont clairement pris conscience (cf. quatrième partie, § C), puisqu'ils sont nombreux à dire que manipuler nécessite des connaissances mathématiques.

Difficultés d'ordre conceptuel

Nous venons de souligner que les difficultés de manipulation proviennent en grande partie de difficultés d'ordre conceptuel. C'est justement parce que la TI 92 est une calculatrice complexe que sa manipulation par les élèves s'avère particulièrement intéressante : en effet, la maîtrise de l'outil met en jeu d'avantage de connaissances mathématiques, connaissances souvent implicites dont nous n'avons pas toujours conscience en tant qu'enseignants. Les enseignants participant aux observations ont souvent été surpris par les difficultés d'ordre essentiellement mathématique mises en évidence lors des différents entretiens. La TI 92 s'avère, par conséquent, un très bon **révéléateur** des difficultés conceptuelles rencontrées par les élèves. Citons, entre autres :

- **confusion** entre **abscisse** et **ordonnée**,
- **reconnaissance** d'une forme **factorisée** ou **développée** (difficulté renforcée lors de la présence de racines carrées),
- **confusion** entre **fonction** et **équation**,
- **confusion** entre **valeur exacte** et **valeur approchée**,
- difficulté d'**interprétation** des **courbes** (par rapport au domaine de **définition** de la fonction, au **signe** de la fonction, conscience que les coordonnées d'un point sont reliées par une **relation** dépendant de la fonction représentée...),
- difficulté relative aux ensembles **images** des fonctions. Il faut reconnaître qu'en pratique, on privilégie dans l'enseignement sur les fonctions l'ensemble de définition : on porte son attention sur la variable x (plutôt que sur y). Comme le décrit R. Bkouche, "c'est la **variable** qui **tire** la fonction" [Bkouche 96]. Si l'on n'y prend garde, ce comportement peut être renforcé par les **contraintes d'organisation** de la calculatrice : quand on fixe une fenêtre, on fixe d'abord l'intervalle des x , puis l'intervalle des y [Trouche 96-b].

• concernant **l'infini** : il nous faut rappeler que la présence sur le clavier de la touche infini pose des problèmes que nous avons déjà évoqués dans [Canet & al 96]. Il est clair que l'enseignant ne peut ignorer ces problèmes qui sont naturellement accrus, puisqu'il s'agit d'une classe de seconde. Citons par exemple :

- le choix d'une fenêtre avec $x_{\max} + \infty$,
- vérifier une égalité pour $x = \text{infini}$ (cf. p 70), c'est la vérifier pour tout x !

Il est clair que le premier exemple relève de la **banalisation de l'infini** induite par l'existence d'une touche spécifique.

Si la calculatrice révèle un grand nombre de difficultés d'ordre conceptuel, elle permet également d'envisager un travail spécifique à partir des problèmes repérés. Compte tenu de la durée de l'expérimentation, nous n'avons malheureusement pas pu, autant que nous l'aurions voulu, prendre en compte les difficultés identifiées lors des premiers entretiens dans l'élaboration des séances intégrant la calculatrice. Toutefois, nous pouvons remarquer une amélioration significative entre les deux séries d'entretiens en ce qui concerne la distinction entre valeur exacte et approchée et l'interprétation des courbes ; faute d'une étude comparative, nous ne pouvons hélas pas évaluer l'impact de la calculatrice dans cette évolution. Signalons en particulier :

• une meilleure perception de l'ensemble de définition, en particulier pour une fonction comportant une racine carrée,

• une meilleure distinction entre valeur exacte et valeur approchée, même si la formulation de l'exercice 4 du contrôle spécifique (cf. sixième partie) ne permet pas de décider dans tous les cas si les élèves ont réellement compris. Toutefois, l'analyse des réponses permet d'entrevoir des conceptions erronées telles que :

- Si le nombre de décimales est suffisant, on finit par obtenir une valeur exacte,
- Tout ce qui comporte des décimales est approché...

Difficultés de verbalisation

Nous avons observé une grande difficulté des élèves à verbaliser ce qui concerne les concepts de fonction, équation ou inéquation ; cela n'a rien de surprenant en cours de processus de conceptualisation. Pour certains élèves, il s'agit clairement de difficultés conceptuelles et la distinction leur paraît relever simplement de contraintes de syntaxe imposées par la calculatrice. Cependant, ces difficultés ne semblent pas être systématiquement liées à des confusions d'ordre conceptuel (cf. cinquième partie, § B). On retrouve un phénomène analogue en ce qui concerne la notion de valeur exacte ou approchée (les élèves parlent souvent de "**la**" valeur approchée et d"**une**" valeur exacte (cf. sixième partie, réponses à l'exercice 4), ceci montre qu'il s'agit de notions

qui sont loin d'être acquises et à quel point la verbalisation est difficile dans ce type de questions. Des termes comme "arrondi", "approximatif" ou "pas tout à fait exact" reviennent fréquemment. D'une façon plus générale, l'on peut s'interroger sur le sens du mot "**valeur**" qu'il faut donner aux élèves pour des nombres comme $4\sqrt{3} + 7$, $(2 + \sqrt{3})^2$ et 13,9282022303.

Démarche expérimentale et changements de cadres

La conception de certaines séances avait pour objectif de développer un travail de type expérimental chez les élèves, en s'appuyant sur le changement de cadres. Nous avons essayé de prendre en compte les résultats du rapport [Artigue et al 95] concernant la démarche expérimentale : veiller à ce que l'approche expérimentale soit réellement dévolue à l'élève et ne réside pas seulement dans le travail de conception de l'enseignant, enfin que l'élève s'engage réellement dans des tâches d'anticipation et lui fournir des moyens de validation et de contrôle.

Il apparaît que l'acquisition d'une telle démarche nécessite une aisance dans les différentes applications qui n'a pas pu être acquise avant la fin de l'expérimentation. En outre, les connaissances mathématiques relatives aux fonctions étaient trop récentes pour que les conversions entre équation, fonction et inéquation ne constituent pas encore un obstacle au changement de registres.

Cependant, les réactions des élèves vis à vis du cours sur la fonction signe (cf. troisième partie) ont été très positives, puisqu'ils l'ont citée en grand nombre comme exemple pour lequel la calculatrice les a aidés à comprendre une notion (cf. quatrième partie, § B). Si les passages entre les cadres algébrique et graphique ne constituent pas encore une démarche naturelle pour tous les élèves de cette classe de seconde d'un niveau plutôt faible, ils ont cependant presque unanimement apprécié cette démarche dans les TP : ils mentionnent de leur propre initiative, dans leurs commentaires (cf. quatrième partie, § B), l'intérêt de la calculatrice pour ses possibilités d'aide à la découverte, à l'anticipation, au contrôle, à la compréhension, également la possibilité de visualisation, enfin le rôle plus actif et la meilleure interaction qu'elle favorise.

Nous pouvons donc dire que ces caractéristiques, qui relèvent d'une démarche plus expérimentale dans l'enseignement des Mathématiques, ont été ressenties de manière très favorable par les élèves, même si l'intériorisation d'une telle démarche n'a pas pu être réalisée pour la majorité des élèves sur une période si courte. Malgré les difficultés identifiées, il semble que l'attitude des élèves de cette classe de seconde soit différente. Bien évidemment, cette impression demande à être confirmée dans une expérimentation ultérieure.

Il faut cependant reconnaître qu'il a fallu un certain temps pour installer une nouvelle organisation du travail dans la classe (cf. commentaires des premiers TP de la deuxième partie) : peu de notes sur ce que disait l'enseignant étaient prises dans les périodes d'institutionnalisation et les premiers comptes rendus dans les cahiers étaient à peu près inexistantes. La difficulté de concilier les activités machine et le retour papier / crayon a été observée également au début de l'expérimentation dans la classe de Terminale Scientifique [Trouche 96-a] ; il est clair que ce fonctionnement en classe nécessite un changement important dans le comportement des élèves à tous les niveaux.

L'approche de la notion de fonctions à l'aide de divers cadres nécessite une maîtrise de la machine qui n'était pas possible à cette époque de l'expérimentation. Nous avons pu constater que la transposition d'une situation maîtrisée en environnement classique n'est pas toujours facile à reprendre dans un contexte différent (cf. synthèse du TP 5, deuxième partie). Toutefois, l'évolution du comportement des élèves entre les TP et 7 (où ces derniers avaient une aisance nettement supérieure dans la manipulation qui leur permettait de se centrer davantage sur les questions mathématiques) et l'amélioration des retours écrits nous autorisent à conjecturer qu'une démarche expérimentale pourrait s'installer en classe de seconde sur le plus long terme.

Schémes d'usage et d'instrumentalisation

La notion de schème d'usage¹, introduite par P. Rabardel dans [Rabardel 95], a été développée dans le contexte d'un "environnement calculatrice" dans [Trouche 1996-b]. Bien qu'il s'agisse d'une population d'élèves très différente, nous retrouvons des analogies entre les comportements observés chez les élèves faibles de notre classe expérimentale et certains schèmes d'usage identifiés par L. Trouche :

Certains élèves semblent avoir en effet renoncé à chercher à comprendre le rôle des commandes, ils essaient donc des procédures d'évitement telles que :

- on traduit mot à mot les termes de l'énoncé en termes de commandes calculatrice, ce qui correspond à l'un des schèmes désigné par L. Trouche de **transport automatique**²,
- on étend le domaine de validité d'une commande, il s'agit alors d'un schème d'**instrumentalisation**³ de l'outil [Rabardel 95] : par exemple, alors que la commande *Solve* a été utilisée uniquement pour résoudre des équations, les élèves essaient de l'utiliser pour une inéquation,
- on essaie la dernière commande utilisée dans l'exercice précédent,

¹ Organisation invariante de la conduite dans l'utilisation d'un instrument.

² Les données sont confiées à la machine pour résolution, sans aucun traitement, ni transformation.

³ Enrichissement des propriétés de l'outil par le sujet.

- sinon, on essaie une commande au hasard,
- on essaie systématiquement toutes les commandes du menu,
- on prend la dernière commande utilisée et l'on remplace x par sa valeur, quelle que soit la question posée concernant cette valeur...

Nous retrouvons ici un comportement qui présente des analogies avec celui qualifié de **comportement de pêche**¹ identifié chez les élèves de collège [Artigue et al 95]. L. Trouche mentionne également le schème du **tir aléatoire** observé dans les profils "scolaires" et "bricoleurs" de sa classe de terminale scientifique qui n'organisent pas leur travail et procèdent un peu au hasard, sans prendre aucun recul sur la tâche [Trouche 1996-b]. Ce comportement est sans doute différent de celui que l'on observerait sur des tâches mathématiques en environnement papier / crayon dans lequel tout calcul nécessite déjà un certain effort.

Il nous faut donc constater que l'utilisation de la calculatrice ne favorise pas automatiquement un fonctionnement réflexif et conceptuel, particulièrement chez les élèves qui ont déjà une tendance naturelle à éviter toute réflexion et questionnement. C'est dans la conception des situations qu'il nous faut essayer d'inciter les élèves à cette réflexion, il semble que, de ce point de vue, l'objectif ait été atteint en partie dans les TP, puisque les élèves estiment, presque unanimement, que la calculatrice les a obligés à se poser des questions (cf. quatrième partie, § C).

Signalons également que nous avons constaté une sauvegarde importante de la part des élèves du travail réalisé en classe et une utilisation des mémoires qui n'existait pas auparavant. On pourrait considérer que ce fait relève aussi d'une instrumentalisation par les élèves de l'outil. A ce propos, il est curieux de remarquer que ces phénomènes ont été rares dans l'expérimentation en classe Terminale [Trouche 96-a], alors que les contenus et la plus grande maturité des élèves laissaient conjecturer que ces phénomènes seraient amplifiés. Il faut toutefois mentionner que les calculatrices personnelles des élèves de la classe de seconde ne disposaient pas de mémoires, mais ce fait est manifestement insuffisant pour expliquer ces différences de comportement. Sans doute, le fait que ces élèves aient manipulé CABRI et, par conséquent, aient été amenés à sauvegarder et rappeler des figures a eu un impact sur les schémas d'instrumentalisation.

Procédures de contrôle des résultats (main ou machine)

En ce qui concerne les possibilités de contrôle des résultats de la machine, les procédures des élèves n'ont guère évolué depuis le début de l'année : les élèves ne cherchent pas spontanément un contrôle des résultats affichés par la machine, bien qu'ils aient intégré le fait qu'une calculatrice

¹ Parcours erratique, souvent moins coûteux, d'un point de vue cognitif, que l'interprétation des feed-back.

peut afficher des résultats faux (cf. quatrième partie, § B & C). Nous avons observé au cours des entretiens peu d'anticipations et peu de vérifications mentales ou en environnement papier / crayon ; de plus, la plupart des élèves n'a pas l'initiative d'exploiter les divers modes de la calculatrice pour une confrontation des différents résultats.

De manière analogue, l'utilisation de la calculatrice pour vérifier les résultats que les élèves ont produit en environnement papier / crayon n'est pas une démarche naturelle pour la plupart d'entre eux. Pourtant, la TI 92 reste essentiellement, de leur point de vue, un outil de vérification : pourquoi est-elle alors relativement peu utilisée lors des épreuves d'évaluation ? Les observations recueillies aux derniers entretiens lèvent cette contradiction apparente : il s'avère que les élèves disposent de peu de procédures de vérification autre qu'une vérification immédiate ; en fait, ils exploitent peu la diversité des possibilités de l'outil, en particulier le changement de registres.

Prise de conscience des limites de l'outil

Un des points positifs de cette expérimentation est la prise de conscience progressive des limites de l'outil. Nous avons vu dans le déroulement des premières séances (cf. p 53, la seconde partie) combien il a été difficile de provoquer un certain questionnement, de la part des élèves, vis à vis des résultats affichés par la calculatrice. Il s'avère que ce questionnement ne peut apparaître qu'après une appropriation suffisante de la calculatrice. Le questionnaire bilan (cf. quatrième partie, §C) montre qu'en fin d'année les élèves sont conscients que l'interprétation des résultats affichés par la machine nécessite des connaissances mathématiques, mais ils sont cependant encore nombreux à être perturbés par le fait qu'il est difficile d'anticiper les résultats de la touche ENTER.

En ce qui concerne l'application graphique, il nous faut reconnaître que les élèves ne mettent pas encore en doute ce qu'ils voient. Nous retrouvons ici les observations mises en évidence dans [Trouche 94]. **Il apparaît qu'il est plus facile pour les élèves de remettre en question une valeur numérique qu'un graphique** : le lien avec un écran de télévision est sans doute nécessaire pour comprendre que le statut des images dans la société actuelle a nettement évolué vers une identification du réel et du visuel. Compte tenu du peu d'évolution observé parmi les élèves les plus faibles de la classe expérimentale de Terminales S [Trouche 96-a et b] où les situations pouvaient être beaucoup plus variées, ce problème reste difficile à résoudre : il faut, sans nul doute, envisager un apprentissage spécifique et une intégration sur le long terme pour pouvoir espérer une évolution sensible en ce qui concerne l'interprétation des écrans graphiques.

Ce problème n'en est pas moins fondamental par son influence dans les processus de conceptualisation, c'est une raison supplémentaire pour réaffirmer la nécessité d'une prise en charge

de la calculatrice par l'enseignant. L'expérience décrite dans [Bruillard 95] met en évidence que cette prise en charge doit s'accompagner d'une formation spécifique des enseignants.

Par contre, les élèves ont pour une grande majorité conscience que la calculatrice permet une vérification des résultats, mais ne dispense pas de la réflexion pour les démonstrations. Il est clair que l'utilisation de la calculatrice n'a pas modifié le contrat du contrôle : il faut rédiger, démontrer et expliquer les résultats, même s'ils sont fournis par la calculatrice. C'est un argument important vis à vis des enseignants qui redoutent qu'un outil si puissant ne gomme toute activité mathématique de la part des élèves.

Quelques pistes de réflexion

Après une année exploratoire d'intégration des TI 92 dans une classe de seconde, sans hypothèses précises a priori, quels sont les points qui nous ont frappés ?

- La TI 92, même si sa complexité est grande par rapport à l'environnement technologique des élèves de seconde, est un outil dont l'appropriation partielle est réalisable à ce niveau. Les élèves, même peu favorables a priori, ont fait un réel investissement personnel pour l'atteindre. Toutefois, elle nécessite de la part de l'enseignant une attention sans doute bien plus soutenue que ce qu'elle peut être dans une classe de niveau supérieur. La différence est-elle significative si l'intégration porte effectivement sur toute l'année scolaire ?

- On peut donc envisager d'utiliser cette calculatrice pour installer un fonctionnement différent dans la classe. La calculatrice s'est révélée un outil moteur pour la recherche en groupe, cependant son intégration n'implique pas naturellement l'entrée dans une démarche expérimentale utilisant les possibilités de changement de registres grâce aux diverses applications.

Le travail de recherche lors des TP n'a pas pu développer cette démarche, même s'il en a montré la richesse lors de l'institutionnalisation : la difficulté consiste à proposer des activités de recherche accessibles au niveau seconde, alors que simultanément il faut introduire les nombreuses fonctionnalités nécessaires pour le changement de registre, dont la maîtrise n'est pas facile (par exemple, les commandes de l'application Graph et le recueil de données numériques à partir des applications Graph et Geometry).

Peut-on toutefois envisager, en fin de seconde, d'autres types de situations plus ouvertes favorisant l'entrée dans une démarche expérimentale ? L'évolution des comportements de certains élèves lors du TP 7 (cf. deuxième partie) et lors des derniers entretiens (cf. cinquième partie) met en évidence que quand l'élève n'est pas handicapé par des constructions délicates, il peut se consacrer

davantage au problème posé : la TI 92, en facilitant le passage entre registres, pourrait alors jouer un rôle important dans la conceptualisation.

De même, il peut être intéressant d'exploiter la calculatrice, d'une part en ce qui concerne les contraintes de syntaxe pour introduire un travail spécifique sur les différences entre équation, fonction etc., d'autre part pour susciter une réflexion plus approfondie entre valeur exacte et approchée d'un nombre, en élaborant des situations pour déstabiliser les conceptions erronées que nous avons pu deviner.

Les difficultés que nous avons identifiées nous permettent de dégager des thèmes sur lesquels on peut envisager un travail spécifique intégrant la calculatrice et élaborer des séances où nous pourrions formuler des hypothèses a priori sur le comportement des élèves. Une analyse des données recueillies pourrait ensuite nous permettre d'identifier certains invariants dans les comportements des élèves ; cependant les comportements d'un élève d'une classe de seconde et d'une classe de terminale scientifique sont sans doute trop différents pour permettre une comparaison avec la typologie mise en évidence par L. Trouche pour des élèves de Terminales [Trouche 96-b].

- Il s'avère que les procédures de vérification dont les élèves disposent exploitent peu la diversité des possibilités de l'outil, en particulier le changement de registres. Une approche différente de l'entrée dans une démarche expérimentale pourrait être de mettre au point des situations ayant pour objectif que la calculatrice devienne réellement un outil de contrôle pour l'élève.

Perspectives

Cette année, nous tentons d'apporter des réponses à ces questions en reprenant l'expérimentation avec une nouvelle classe de seconde, cette fois-ci sur une année complète.

Tout d'abord, la prise en main de la machine s'est faite tout à fait différemment. Les calculatrices étant disponibles dès le début de l'année scolaire, un stage de pré-rentrée a été organisé : chaque élève a pu manipuler la TI 92, durant 6 heures réparties sur deux jours avant la rentrée, de manière plus approfondie que ne l'auraient permis des séances étalées sur plusieurs semaines.

Nous avons retenu trois thèmes sur lesquels nous centrerons notre étude cette année :

- Valeur exacte-valeur approchée ,
- Formes algébriques ,
- Fonctions .

Il s'agit de concevoir des situations mettant en évidence ces notions, dans le prolongement de ce qui a été fait l'année dernière, en tenant compte des observations faites. Un test a été passé en début d'année afin de pouvoir observer l'évolution des connaissances des élèves en ce qui concerne les valeurs exactes et approchées, ainsi que les factorisations.

Plusieurs pistes sont envisageables, il s'agit de concevoir des situations :

- intégrant fréquemment des rationnels,
- où l'interprétation du résultat de la machine n'est qu'un prétexte pour aborder une notion plus complexe (en ayant soin de veiller à la décontextualisation des connaissances, contrairement à l'exercice 4 du contrôle spécifique, sixième partie),
- intégrant fréquemment des nombres décimaux, en faisant varier le nombre de chiffres après la virgule.

Ce travail sur les différentes représentations du nombre doit s'inscrire dans la durée. Il en est de même pour le thème des fonctions qui, contrairement à la première expérimentation où l'enseignement avait été repoussé jusqu'à l'arrivée des calculatrices, sera introduit le plus tôt possible. Nous susciterons régulièrement en cours d'année des réflexions sur le fenêtrage (cf. exercice 3 du contrôle spécifique, sixième partie), afin de développer les compétences des élèves dans ce domaine, que J. Hillel désigne par **window shopping**, et qui font, bien évidemment, appel à des connaissances mathématiques [Hillel 93].

De même que dans les recherches menées sur l'intégration des outils informatiques, nous avons constaté que les élèves, face à une situation où la calculatrice est sollicitée, ont souvent des difficultés à prendre du recul par rapport à la calculatrice et à mobiliser des connaissances qu'ils savent mobiliser en environnement papier / crayon (cf. exercice 4 du contrôle spécifique, sixième partie). Il est probable que la machine dans ce cas peut constituer un handicap, d'où la nécessité d'alterner des questions avec et sans machine, sinon l'on risque d'obtenir des comportements de dépendance très forte vis à vis de la machine comme L. Trouche l'a remarqué pour certains profils [Trouche 96-b].

Nous nous efforcerons, dans la mesure du possible, d'élaborer des situations nécessitant un **changement de cadres** pour la résolution de problèmes. De plus, quel que soit le thème abordé, il serait souhaitable que les situations proposées incitent les élèves à opérer des contrôles sur leurs propres démarches et les résultats obtenus de la machine (mettant en évidence, par exemple, le caractère nécessairement approximatif de ceux de l'application graphique).

Pour ce faire, dans la ligne de ce qui a été fait durant les TP 2 & 3 (cf. deuxième partie), nous nous efforcerons de continuer à **exploiter les décalages** des différents résultats produits par la calculatrice¹, pour susciter un réel questionnement chez les élèves qui ont tendance, nous l'avons observé, à les considérer comme équivalents². Les méthodes de contrôle étant rarement opérationnelles dans un contexte général, un travail d'explicitation de ces méthodes nous semble intéressant à mettre en place afin de donner aux élèves les possibilités de faire de la calculatrice un **réel outil de contrôle**.

¹ Dans les différentes applications ou les divers modes.

² Comme le signale L.Trouche, le fait que la machine ne garde pas sur l'écran la mémoire des différents modes de calcul successifs renforce cette tendance naturelle [Trouche 96-b].

RÉFÉRENCES

REFERENCES

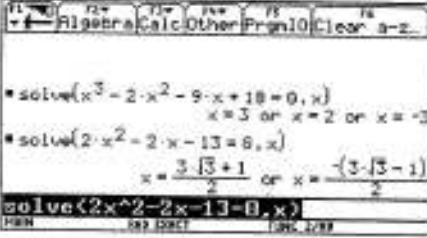
- ARTIGUE M., 1995 : "Une approche didactique de l'intégration des EIAO dans l'enseignement", in Guin D., Nicaud J., Py D. (Eds), *Environnements Interactifs d'apprentissage avec ordinateur*, vol 2, pp 17-28, Eyrolles.
- ARTIGUE M., ABBOUD M., DROUHARD J.-P., LAGRANGE J.-B., 1995 : "Impact de l'intégration de logiciels de calcul symbolique dans l'enseignement sur les représentations et pratiques mathématiques des élèves de l'enseignement secondaire", Rapport de recherche, DIDIREM, IREM Paris VII.
- ALDON G., 1995 : "Une voiture à la DERIVE", *Repères-IREM*, n° 21, Topiques-Editions.
- BALACHEFF N., 1994 : "La transposition informatique. Note sur un nouveau problème en Didactique", in Artigue & al (Eds), *Vingt ans de Didactique des Mathématiques en France*, pp 364-370, La Pensée Sauvage, Grenoble.
- BKOUCHE R., 1996 : "Point de vue sur l'enseignement de l'analyse : des limites et de la continuité dans l'enseignement", *Repères-IREM*, n° 24, pp 67-76, Topiques-Editions.
- BRUILLARD E., 1995 : "Usage des calculatrices à l'école élémentaire et au début du collège", Rapport de Recherche, IUFM de Créteil.
- CAEN, 1994 : "Les outils de calcul formel dans l'enseignement des Mathématiques", *Actes de l'université d'été*, Ministère de l'Education Nationale, DITEN B2, Commission Inter-IREM Mathématiques et Informatique.
- CANET J.-F., 1994 : "Exemple d'utilisation d'un système de mathématique symbolique", DEA de Didactique des disciplines scientifiques, Université Montpellier 2.
- CANET J.-F., DELGOULET J., GUIN D., TROUCHE L., 1996 : "Un outil puissant qui nécessite un apprentissage et ne dispense pas toujours de réfléchir!", *Repères-IREM*, n° 25, pp 65-81, Topiques-Editions.
- Commission Inter-IREM Mathématiques et Informatique, 1994 : "Apports de l'outil informatique à l'enseignement de la géométrie", IREM de LYON.

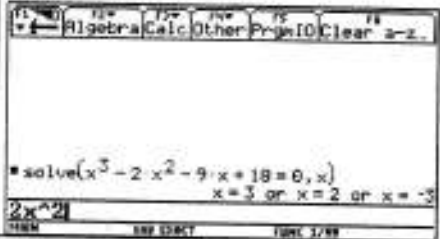
- CUPPENS R., 1996 : "Faire de la géométrie en jouant avec Cabri-Géomètre", APMEP, n° 104 & 105, Gap.
- FORTIN P., 1995 : "Calcul formel, mythe ou réalité", documents d'accompagnement de la TI 92, Texas Instruments.
- GASQUET S., 1994 : "Fenêtres sur courbes", CRDP, Grenoble.
- GRENOBLE, 1993 : "Apprentissage et enseignement de la géométrie avec Ordinateur : utilisation du logiciel Cabri-Géomètre en classe", *Actes de l'université d'été*, IUFM, IREM de Grenoble et LSD2 (IMAG), Université Joseph Fourier, Grenoble.
- HILLEL J. 1993 : "Computer Algebra Systems as Cognitive Technologies : Implication for the Practice of Mathematics Education, in C. Keitel & K. Ruthven (Eds), *Learning from Computers : Mathematics Education and Technology*, n° 121, pp 18-47, NATO ASI Series, Springer-Verlag.
- HIRLIMANN A. *et alii*, 1994 : "Enseignement des mathématiques et logiciels de calcul formel", Ministère de l'Education Nationale, DITEN B2.
- IMAGICIELS, 1992 : "Intégration de l'outil informatique dans la discipline, Activités Mathématiques avec Imagiciels", Ministère de l'Education Nationale, CRDP Poitou-Charentes.
- LABORDE C. & CAPPONI B., 1994 : "Cabri-Géomètre constituant d'un milieu pour l'apprentissage des Mathématiques", *Recherches en Didactique des Mathématiques*, n° 14 / 2, pp 165-210, La Pensée Sauvage, Grenoble.
- RABARDEL P., 1995 : "Les hommes et les technologies, approche cognitive des instruments contemporains", Armand Colin.
- RENNES, 1997 : "Des outils informatiques dans la classe aux calculatrices symboliques et géométriques : quelles perspectives ?", *Actes de l'université d'été*, Ministère de l'Education Nationale, DITEN B2, Commission Inter-IREM Mathématiques et Informatique.
- TROUCHE L., 1994 : "Calculatrices graphiques : la grande illusion", *Repères-IREM*, n° 14, Topiques-Editions.
- TROUCHE L., 1995 : "Masques", *Actes du séminaire Nouvelles Technologies et Education de l'INRP*.

TROUCHE L., 1996-a : "Enseigner les mathématiques en TS avec des calculatrices graphiques et formelles ; pistes pour un renouvellement", IREM de Montpellier.

TROUCHE L., 1996-b : "A propos de l'apprentissage des limites de fonctions dans un "environnement calculatrice", étude des rapports entre processus de conceptualisation et processus d'instrumentation", Thèse de Doctorat, Université Montpellier 2.

ANNEXES

	EXERCICE 2	
10H50 E2 on obtient deux solutions: une négative et une positive??... In alors, la phrase est-elle juste ou fausse? E2 elle est fausse car il y a 2 solutions, une positive, l'autre négative. In que signifie: "une solution entre 3 et 4"? E2 qu'il y en a au moins une entre 3 et 4. In comment peut-on savoir qu'il y en a une entre 3 et 4? E2 explique qu'elle tape $\blacksquare$ puis $\boxed{\text{ENTER}}$ pour avoir des valeurs approchées et conclut que l'affirmation est vraie.	E2 tape le calcul et fait une faute de frappe qu'elle rectifie rapidement. Ici on constate que E2 affirme que l'une des solutions est positive l'autre négative, la présence du signe "-" devant la parenthèse dans $\frac{-(3\sqrt{3}-1)}{2}$ lui suffit pour faire la deuxième affirmation. Comme souvent, E2 répond rapidement oubliant la consigne, elle "voit" deux solutions de signes contraires et non pas une entre 3 et 4.	10H51 
	BILAN EXERCICE 2 Interprétation trop rapide du résultat. Réponse correcte. Cadre algébrique. Commande SOLVE et $\blacksquare$ puis $\boxed{\text{ENTER}}$. Passage mode exact mode approché correct.	

DIALOGUES In: l'interviewer Ob: l'observateur	COMMENTAIRES ET INTERPRETATIONS	ECRANS
10H47 E2 ??... In Regardez les menus pour avoir une idée. Que signifie solve? E2 <i>...je ne sais pas, ...c'est pour définir x, ...</i> In To solve signifie E2 <i>...je ne sais pas, ...c'est pour définir x, ...</i> Ob To solve signifie résoudre. In Qu'obtient-on? E2 <i>3 solutions dont une seule est négative.</i> In donc la phrase est E2 <i>fausse.</i>	EXERCICE 1 In commence par expliquer clairement les termes du contrat. E2 ne se souvient pas des commandes permettant de résoudre une équation. E2 tape le calcul	10H50 
	BILAN EXERCICE 1 Réponse correcte Cadre algébrique Commande: SOLVE-il a fallu rappeler à E2 à la fois comment on peut retrouver une commande en faisant défiler les menus et la signification de la commande utilisée. Il est clair que E2, en difficulté en mathématiques dès le début de la seconde, n'accorde pas de sens à ce qu'elle tape sur la machine. Interprétation de l'affichage et des messages correcte.	

10H52

E2, comme dans les deux premiers exercices, utilise SOLVE (voir écran)

In qu'est-ce que ça donne?

E2 c'est vrai...

In qu'est-ce qui est vrai?

E2 c'est faux car c'est l'intervalle $]-\infty, \frac{2}{3}]$.

l'affirmation est fausse.

Ob n'y a-t-il pas une autre façon de contrôler le résultat?

E2 on a du en voir, mais je ne me souviens pas...

Ob propose de passer à l'exercice 4, quitte à revenir plus tard au 3.

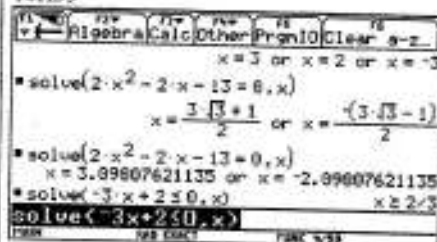
EXERCICE 3

On constate ici que l'utilisation de SOLVE est généralisée aux inéquations, ce qui n'a jamais été fait en classe.

Il se trouve que dans l'exemple concerné la réponse donnée par la machine est correcte, l'objectif est alors d'interpréter le message obtenu.

Encore une fois E2 répond trop vite.

10H55



BILAN EXERCICE 3

Réponse correcte

Cadre algébrique

Transport automatique de SOLVE [TROUCHE 96-B]

Interprétation correcte (mais en deux temps) des messages affichés par la machine.

Il n'a pas été possible de passer au cadre graphique sans doute pour deux raisons: E2 ne se souvient pas de ce qu'il faut faire et elle n'éprouve pas le besoin de changer de cadre pour un problème dont elle a une solution.

10H56

E2 utilise encore une fois SOLVE (voir écran).

In que pensez-vous du résultat?

E2 il est dur à interpréter. ...

Ob Comprenez-vous ce que la machine a effectué?

Après discussion...

E2 elle a transposé 3.

In quelle méthode utiliser si on ne peut pas le faire par le calcul?

E2 par la courbe. ...on va dans [Y=]

on va dans [WINDOW] et on met [1,3] ou plus ...

En définitive E2 choisit $x_{min}=0$ et $x_{max}=4$

In il y a un problème ...?

E2 on change le x...

In allez voir dans [Y=], qu'avez-vous tapé?

E2 $x^2-4x+3 \leq 0$, il faut enlever ≤ 0 .

on n'a pas l'axe des ordonnées!!!

In est-ce que cela vous gêne?

E2 OUI

In utilisez TRACE pour décrire ce qui vous paraît positif ou négatif.

Ob que représente "ce"?

E2 la courbe est positive...

Non, je sais que ce n'est pas la courbe...

In il faut que ce soit une valeur pour dire si c'est positif ou négatif.

Ob essaie de revenir à la question pour savoir ce qui est positif ou négatif

In x^2-4x+3 c'est xc ou yc?

E2 c'est xc!

EXERCICE 4

L'utilisation de SOLVE est ici logique pour E2 puisque ça a fonctionné au N°3.

E2 passe correctement dans l'éditeur de fonction, tape:

$$y1(x)=x^2-4x+3 \leq 0,$$

puis choisit une fenêtre mais n'obtient rien à l'écran!!

Il est intéressant de constater que E2 a le réflexe de choisir une fenêtre, mais on peut constater que son choix ne porte que sur x ⁽¹⁾.

Changer la fenêtre devrait suffire pour faire apparaître la courbe.

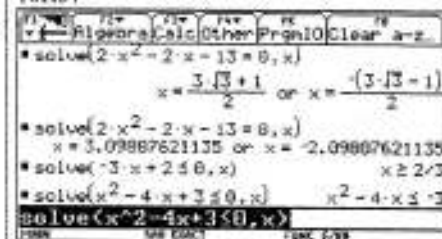
L'absence de l'axe des ordonnées gêne E2 sans qu'elle sache dire pourquoi.

Suit un échange du type: "est-ce qu'on peut voir si c'est positif ou négatif?" et à la question: "que représente "c", E2 ne sait pas répondre. En fait elle ne sait pas trop ce qu'il faut chercher.

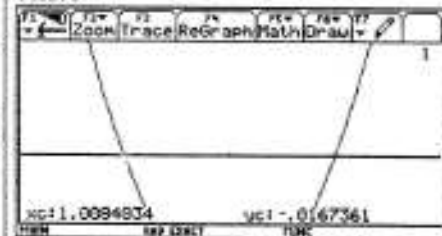
Réminiscence d'une chose souvent vue en classe.

L'échange qui suit porte sur le sens qu'il faut donner à xc et yc et sur le fait que $yc=f(xc)$, comme lors du premier entretien. Finalement E2 admet qu'il y a un lien entre le signe de $f(x)$ et la position de la courbe par rapport à l'axe des x.

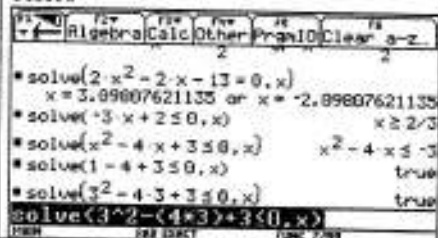
10H57



11H06



(1) En général, si aucune étude préalable de la fonction n'a été effectuée, je conseille de choisir ZOOMSTD.

In Que signifie la phrase: "l'intervalle $]1,3[$ est l'ensemble des solutions de l'inéquation $x^2 - 4x + 3 \leq 0$?" E2 que sur $]1,3[$, $f(x)$ est négatif. Ob est-on sûr que c'est sur $]1,3[$, comment peut-on le savoir? E2 avec les graduations...ou avec y: c'est pour x plus grande que 1 que $f(x)$ est positif. In que se passe-t-il en 1? In si, graphiquement on ne peut pas vérifier que peut-on faire? E2 on remplace x par 1. C'est ce que fait E2 en repassant à l'application initiale: voir écran. E2 finalement la phrase est vraie. In Relisez bien l'énoncé, regardez les crochets... E2 ah oui! la phrase est fausse, il faudrait que les crochets soient fermés Ob ou qu'il $y < 0$.	L'échange qui suit porte sur le rôle de 1. Pour E2 il est clair que $f(1)=0$, elle dit: "c'est logique" au sens où "ça se voit sur la courbe". Le passage à l'application initiale pour valider le résultat ne se fait pas. En désespoir de cause E2 propose un ZOOMFIT, ce qui ne change rien du tout, d'où l'intervention de In. E2 remplace x par 1 dans $\text{solve}(x^2-4x+3 \leq 0, x)$ et la machine retourne TRUE, idem pour $x=1$. E2 ne sait plus trop où elle en est, c'est la confusion la plus totale entre $f(x) \leq 0$ et $f(x) = 0$. Pour terminer Ob propose de faire mentalement les calculs $f(1)$ et $f(3)$.	11H10 
	BILAN EXERCICE 4 Réponse correcte après beaucoup de confusions et d'aide. Cadre algébrique: SOLVE est inopérant Cadre graphique: le passage au cadre graphique s'est fait facilement. L'interprétation graphique pose beaucoup de difficultés à E2 qui ne sait pas encore "lire un graphique" et encore moins faire le lien entre les deux cadres.	

11H15 Cet exercice est juste abordé et on se rend vite compte que pour E2, f est définie sur $\mathbb{R}^+$ signifie que $f(x)$ est positif ou nul. Fin de l'entretien à 11H18	EXERCICE 5	

DIALOGUES In : l'interviewer	COMMENTAIRES ET INTERPRETATIONS	ECRANS
9H18 E3 Je tape l'équation... Il faut la résoudre. In Sur quoi faut-il taper pour la résoudre ? E3 solve. In Quelle information faut-il ajouter à cette commande ? E3 , x ... c'est résolu pour x... une seule solution négative, pas deux. En fait il y a trois solutions c'est vrai, mais il y en a qu'une seule négative. La réponse est "faux".	EXERCICE 1 Une erreur de syntaxe est commise : solve (équation) , au lieu de solve (équation , x), rectifiée après lecture du message affiché par la TL.	message d'erreur 9h18 
	BILAN EXERCICE 1 Réponse correcte Cadre algébrique Commande : SOLVE Interprétation de l'affichage et des messages satisfaisante	

EXERCICE 2

9H20

E3 Je retape l'équation et je fais comme la première;
ça me donne un résultat "en fraction" mais je tape $\frac{\bullet}{\text{ENTER}}$
pour avoir le x égal à un nombre entier et pas de fraction.

Voilà, j'ai $x = 3,098...$ donc la solution est comprise entre 3 et 4.
La réponse est "vrai".

In Tu as utilisé $\frac{\bullet}{\text{ENTER}}$ pour répondre à la question ; dans quel but ?

E3 J'avais un résultat avec des fractions alors pour avoir un résultat avec des nombres entiers ou décimaux...

In Cela donne les mêmes résultats ?

E3 Oui, c'est pareil mais **approché**.

E3 récupère le résultat de la zone d'affichage pour le placer dans la ligne de commande. Dans un premier temps elle se trompe et reprend la commande utilisée au premier exercice (voir écran E3 2B) puis récupère $x = \frac{3\sqrt{3}+1}{2}$ or $x = \frac{-(3\sqrt{3}-1)}{2}$.

Essayons de mesurer l'épaisseur du brouillard entre résultat exact ou approché, résultat "en fraction ou entier".

Dans la phrase "c'est pareil mais approché", il ne faut pas voir une confusion entre valeurs exacte et approchée mais bien : il s'agit des mêmes solutions (de la même équation) mais données en valeurs approchées...

BILAN EXERCICE 2

Réponse correcte
Cadre algébrique
Commande SOLVE puis $\frac{\bullet}{\text{ENTER}}$
L'inadaptation de l'écriture des solutions à l'examen de la question est immédiatement reconnue.
La distinction entre valeur exacte et approchée est consciente mais encore insuffisamment acquise pour permettre une verbalisation correcte.

9h20

9h21

EXERCICE 3

9H23

E3 Je tape l'équation

La machine ne répond pas à la question ; elle donne ce que vaut x dans l'inéquation mais pas... elle ne répond pas à la question.

In Qu'affiche la machine exactement ?

E3 x supérieur ou égal à $2/3$.

Ah! mais c'est faux parce que supérieur... donc c'est pas compris dans l'intervalle $]-\infty, 2/3]$.

La réponse est "faux".

In Aurait-on pu procéder autrement pour répondre à la question ?

E3 ...

In Graphiquement, a-t-on la possibilité de résoudre une inéquation ?

E3 ...

In En représentant graphiquement une fonction ?

E3 On va dans $[Y=]$ puis on tape l'équation.

...

In Regardons dans l'application $[Y=]$ si on a bien tapé...

E3 oui

In Au bas de l'écran la machine a affiché $y1(x)$...

E3 oui

In Quel type d'objet attend-elle ?

E3 ...

In Qu'espérait-on en passant dans $[GRAPH]$, qu'aurait du donner la machine ?

E3 ... une courbe

In la courbe de quoi ?

E3 d'une fonction... $-3x+2 \leq 0$

In est-ce bien une fonction ?

E3 ..

E3 utilise encore la commande SOLVE qui a permis de répondre aux deux exercices précédents.

Aide apportée pour taper le signe $\leq$.

E3, qui est une élève en difficulté, attend une réponse type $x=$.

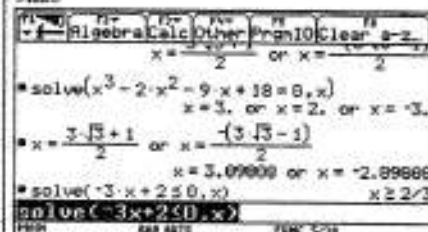
E3, comme d'autres élèves par la suite, utilise solve pour résoudre une inéquation alors que cette commande n'a jamais été utilisée en classe dans ce cadre là.

E3 ne pense pas au cadre graphique donc, comme convenu dans les consignes, on incite à un changement de cadre pour avoir un autre type de validation.

E3 tape $y1(x) = -3x+2 \leq 0$ puis passe dans l'application $[GRAPH]$ mais aucun tracé n'apparaît.

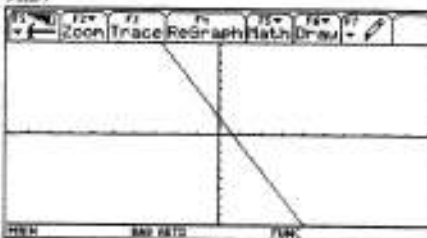
La confusion entre fonction et équation (sans parler d'inéquation) semble profonde et si E3 parvient à rectifier l'entrée de $y1(x)$, ce n'est probablement que pour se plier à des exigences de syntaxe de la TI 92.

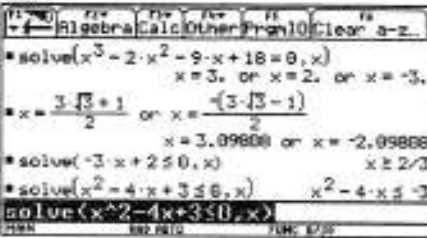
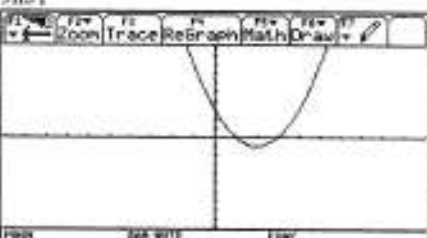
9h23



9H26



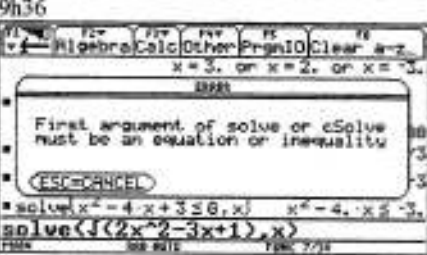
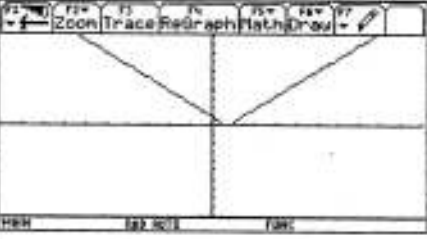
In tu l'as appelée auparavant une équation. Est-ce bien ce que la machine attendait ici ? E3 Il ne fallait pas mettre inférieur ou égal à 0. J'obtiens une courbe. In Cette courbe permet-elle de répondre à la question ? E3 ...	On rectifie l'erreur et le passage dans [GRAPH] affiche la droite attendue. A ce stade E3 semble perdue. Il paraît préférable d'abandonner cette tentative de validation dans le cadre graphique afin de perturber le moins possible l'approche des exercices suivants.	9h27 
	BILAN EXERCICE 3 Réponse correcte Cadre algébrique Transport automatique de solve pour les inéquations [TROUCHE 96-B]. Une mauvaise interprétation de la question (les termes ensemble de solutions ou bien la notation $]-\infty, 2/3]$) ou de la réponse affichée par la machine, laisse E3 perplexe dans un premier temps. Puis une relecture de la réponse donnée par la machine débloque la situation. Une tentative de validation de la réponse trouvée précédemment en forçant le passage dans le cadre graphique se perd en impasse: la situation $f(x) \leq 0$ ne semble avoir, à cet instant, aucune résonance dans ce cadre.	

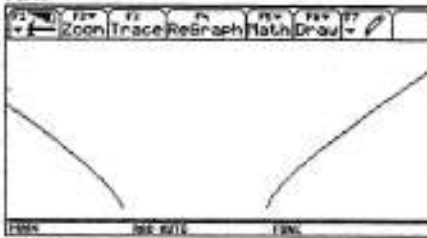
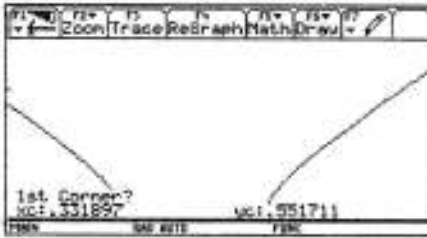
	EXERCICE 4	
9H29 E3 Je prends l'équation de la question 4 ... In Le résultat convient-il pour répondre à la question ? E3 ... • ENTER donne pareil on peut savoir... on a x^2 et x et le x n'est pas en fraction, il n'y a pas écrit "$=$" comme aux autres. In Pourrait-on faire autrement ? E3 ... par le graphique ... je trace l'inéquation je vais dans GRAPH ... j'ai obtenu une courbe... In Cette courbe nous renseigne-t-elle sur la question posée ? E3 On voit qu'elle... (murmure "parabole", encouragé par In) ... représente une parabole, et elle passe sur 1, 3 parce qu'elle descend sur 1 et elle remonte sur 3 et on nous parle de l'intervalle $[1, 3]$. In Et alors ? E3 La réponse à l'exercice 3 est "vrai". In Peux-tu préciser comment tu as vu que la courbe "passe sur 1, 3" ? E3 L'axe des abscisses... je vois les graduations et la courbe passe dessus. La courbe "passe par 1 et 3". I	E3 revient dans l'application initiale et reprend encore la commande SOLVE qui a permis de répondre aux exercices précédents. Elle prononce encore le mot équation au lieu d'inéquation. E3 essaie ENTER mais n'obtient aucune amélioration de la machine. Cette commande est peut-être perçue comme une "roue de secours" dont les conditions de dépannage restent floues... E3 constate que la machine ne répond pas de façon satisfaisante mais ne reconnaît pas que la TI 92 n'a pas résolu l'inéquation. E3 tape $y2(x) = x^2 - 4x + 3$ (sans le signe $\leq$, voir exercice 3) dans l'application Y=. E3 ne met pas en doute l'exactitude des valeurs 1 et 3 lues grâce aux graduations de l'axe des abscisses. (1)	9h29  9h31 

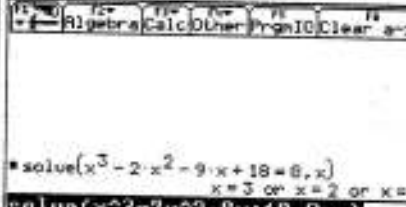
(1) J'aurais pu demander si la lecture graphique garantit l'exactitude des valeurs mais cela aurait pu nous amener à changer l'affichage (fenêtre, zoom...) Le choix d'examiner en premier lieu la capacité à interpréter graphiquement l'inéquation $f(x) \leq 0$ m'a paru préférable.

n Comment sais-tu que les solutions sont bien celles proposées dans la question : l'intervalle $[1,3]$? E3 ... In Cela ne pourrait-il pas être d'autres intervalles, pour les valeurs inférieures à 1 ou supérieures à 3 ? E3 ... la courbe coupe juste l'axe des abscisses sur 1 et 3... In et si l'on imaginait la courbe symétrique par rapport à l'axe des abscisses, c'est-à-dire une parabole ... " inversée " ... l'ensemble des solutions serait-il toujours l'intervalle $[1,3]$? ⁽²⁾ E3 oui... In 1 et 3 sont-elles comprises dans l'ensemble des solutions donné dans l'énoncé ? E3 non... je vois que... l'intervalle est ouvert. In et graphiquement ? E3 oui parce que c'est pas entre 1 et 3 parce que c'est pas ... c'est avant 1 et après 3.	Il semble que E3 ne voit que les points d'intersection de la courbe avec les axes. Elle résout une équation et non une inéquation. Cela paraît un peu confus ; il m'a semblé que E3 veut dire : graphiquement l'inéquation (avec inégalité stricte) n'est pas vérifiée avant 1 et après 3. Dans cette hypothèse, l'ensemble des solutions et l'inéquation proposée est, graphiquement, l'intervalle fermé $[1,3]$. Mais la contradiction avec l'intervalle ouvert $]1,3[$ de l'énoncé n'est pas relevée.	
	BILAN EXERCICE 4 Réponse fausse (voir ci-dessus) Cadre algébrique (SOLVE) inopérant Cadre graphique : E3 reconnaît, pour l'ensemble des solutions, l'intervalle fermé $[1,3]$ sans parvenir à justifier son choix (position relative de deux objets graphiques).	

(2) A posteriori cette idée me paraît vraiment mauvaise car elle ne conduit pas à une question à la fois simple et précise. Il eût mieux valu diriger l'entretien vers l'examen de $x^2 - 4x + 3 \geq 0$!

	EXERCICE 5	
9h36 E3 R⁺ On tape la racine puis on résout pour voir si la fonction est définie sur R⁺ In f est définie sur R⁺ veut dire : on peut calculer f(x) pour les nombres x positifs. E3 On ne peut pas calculer une racine si le radicande est négatif : il faut que ce soit positif. (après une longue hésitation, l'étude graphique ayant été suggérée) (on peut répondre) si la courbe est après l'axe des ordonnées et que c'est ... elle est positive. E3 C'est vrai parce que la courbe est au-dessus de l'axe des abscisses et ... la fonction f est définie sur R ... sur ... In sur R sur tous les réels ? E3 sur R⁺, positif In seulement sur R⁺ ou sur R ? E3 sur tous les réels parce qu'il y a aussi dans les négatifs. In Alors la question 5 énonce-t-elle une affirmation vraie ou fausse ? E3 vraie. In Observons bien la courbe : on a dit qu'elle est au-dessus de l'axe des abscisses ; en est-on bien sûr partout ? N'y a-t-il pas un endroit où l'on hésiterait un peu ?	Une précision est apportée sur la notation R⁺ E3 utilise SOLVE mais elle introduit une fonction en premier argument. Un message d'erreur apparaît ; E3 le traduit correctement mais elle ne sait comment rectifier : l'énoncé ne donne aucune équation ou inéquation ; elle tente alors, dans la commande SOLVE, de déplacer "x", pense à la barre [1] sachant que " mais tout ceci reste inefficace. Il me semble alors qu'une aide dans l'interprétation de la phrase " f est définie sur R⁺ " est nécessaire. Cette façon de s'exprimer confirme la difficulté à formuler l'interprétation graphique du signe d'une expression. On passe dans l'application [Y=]. E3 tape $y3(x) = \sqrt{2x^2 - 3x + 1}$. E3 pense que la fonction est définie sur R⁺ car la courbe s'affiche au-dessus de l'axe des abscisses. Il y a amalgame entre abscisses et ordonnées positives E3 explicite en montant son écran (elle montre des points de la courbe d'abscisse négative). Contradiction avec ce qu'elle semblait avoir trouvé précédemment.	9h36  9h42 

E3 <i>Là ... vers $x = 1$ à peu près ...</i> In <i>A-t-on un moyen d'y voir plus clair ?</i> E3 <i>Oui, avec un zoom : $\boxed{F2}$ Zoombox</i> <i>Je fais un cadre pour l'avoir en gros sur le graphique</i> <i>Mon zoom est trop gros parce que je n'ai pas le bas.</i> <i>... la courbe semble aller au-dessous de l'axe des abscisses ...</i> 9H47: fin de l'entretien	L'interruption de la courbe est interprétée comme une erreur de fenêtrage. E3 tente de rectifier la fenêtre mais hésite longuement dans le choix des coins demandés par la commande zoombox.	9H45  9H47 
	BILAN EXERCICE 5 Réponse fausse puis doute Cadre algébrique : commande SOLVE, rejetée par la machine car le premier argument entré est une fonction (E3 " suit " l'énoncé !) et non une équation ou inéquation. Cadre graphique: on trace la courbe d'équation $y = \sqrt{2x^2 - 3x + 1}$ La confusion entre l'ensemble de définition et l'ensemble image $\mathbb{R}^+$ de la racine carrée amène E3 à hésiter longuement entre " vrai " et " faux ". Un zoom entre 0 et 2 en abscisse révèle une interruption dans la représentation graphique, interprétée comme un mauvais choix de fenêtre (" la courbe semble aller au-dessous de l'axe des abscisses ").	

DIALOGUES In : l'interviewer Ob: l'observateur	COMMENTAIRES ET INTERPRETATIONS	ECRANS
11H21 In explicite les consignes E4 <i>j'utilise SOLVE</i> <i>je tape l'équation</i> Le message "Too few arguments" s'affiche.. E4 <i>je dois mettre "x"</i> <i>c'est vrai (sous-entendu la phrase 1),...Ah non, il n'y a qu'une solution négative...la phrase est fausse.</i>	EXERCICE 1	11H24 
	BILAN EXERCICE 1 Réponse correcte Cadre algébrique Commande: SOLVE Bonne gestion du message d'erreur Interprétation de l'affichage satisfaisante	

EXERCICE 2

11H25

E4 je fais pareil.

In combien trouve-t-on de solutions?

E4 deux.

In peut-on répondre (à la question 2)?

E4 non.

In comment pourrait-on faire pour répondre?

E4 on résout le rapport (?)...on utilise COMDENOM...

In comment peut-on voir si les solutions sont entre 3 et 4?

In et Ob que peut-on dire des 2 solutions?

E4 elles sont opposées car il y en a une négative.

In pourquoi une négative?

E4 il y a un moins devant la parenthèse.

E4 il faut résoudre les rapports.

In que voulez-vous dire?

E4 calculer $3\sqrt{3} + 1$, puis diviser par 2 et avoir un nombre entier ou décimal...sans fraction.

In comment fait-on?

E4 il faut se mettre en mode APPROX.

Finalement

E4 la réponse est fausse car -2,09... (voir écran) n'est pas compris entre 3 et 4.

Ob relisez la consigne.

E4 elle est vraie, car il y a 3,09...

E4 est déjà en difficulté devant les solutions affichées, pourquoi évoque-t-elle COMDENOM? In lui explique la nature de cette commande et les cas où on l'utilise.

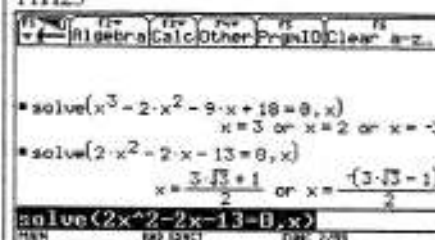
In explique, par des contre-exemples, que cela ne suffit pas pour affirmer que la solution est négative, E4 n'est pas convaincue. Pour elle la présence du moins est la seule chose qui compte. On reprend alors la question.

E4 ne se souvient plus de $\square$ puis $\square$ qu'In lui suggère. En fait on aurait dû la laisser faire en changeant de mode.

On peut constater que les notions de valeurs exactes et de valeurs approchées ne correspondent à rien chez E4. Les difficultés en mathématiques se retrouvent ici comme tout au long des deux classes de seconde qu'elle a suivies.

E4 regarde la solution qui ne convient pas et conclut.

11H25



11H29



BILAN EXERCICE 2

Réponse correcte après beaucoup d'hésitations et d'incorrections.

Cadre algébrique.

Commande SOLVE.

Interprétation erronée de l'affichage (solution négative par la seule présence du moins,...)

E4 a rencontré beaucoup de difficultés dans cet exercice: des difficultés de langage ("on résout les rapports"), des difficultés conceptuelles (valeurs exactes et approchées), de lecture de la machine (elle donne la mauvaise solution). Ces difficultés existaient avant l'arrivée des machines. Je ne pense pas que ces dernières aient aggravé la situation.

EXERCICE 3

11H31
In que pourrait-on utiliser pour traiter la question?
E4 Define...
In $-3x+5$ plus petit que 0.
In essayez.

.....

In que signifie "done"?
E4 ...??
In que la fonction est enregistrée. Que fait-on avec f?
E4 on va dans [Y=] et on trace la courbe.
In c'est quoi comme courbe?
E4 ne répond pas à la question mais dit: "il faut régler [WINDOW]"

In Qu'est ce que c'est comme courbe.
E4 une fonction affine
In revient au problème
In Quand $-3x+2$ est-il négatif?
E4 quand $x...$; pour x égal à la moitié d'une unité. (voir écran ci-contre).
In montrez la partie de la courbe qui correspond aux solutions de l'inéquation $-3x+2 \leq 0$.
E4 je fais ZOOMBOX pour agrandir l'endroit où elle passe par l'axe des abscisses.

.....Avant de faire le ZOOM, E4 déplace le curseur...
In mais à quoi cela va vous servir?
Regardez vous avez $y_c=0$ et $x_c=0,666$, qu'est ce que ça veut dire?
E4 ça veut dire que le point où elle passe (la courbe) a ses coordonnées qui sont 0,66.. et 0.
In quel est le lien entre y_c et x_c ?
E4 ce sont les coordonnées d'un point?
In D'accord, mais par rapport à f?

Dès le début on constate la confusion entre équation, inéquation et fonction: E4 n'est pas capable de les distinguer clairement. L'écran ci-contre le confirme puisqu'elle tape Define ($-3x+2<0$).

In revient alors sur le sens de Define et sur la façon de l'utiliser, finalement E4 tape define $f(x)=-3x+2$ mais il est clair qu'E4 ne comprend pas tout ce qui se cache derrière.

En effet la fenêtre d'affichage est celle qui a été laissée par l'élève précédent et le tracé obtenu n'est pas celui qu'elle attend (voir ci-contre), E4 a ici un bon réflexe.

Cependant il faut que In l'aide à choisir une fenêtre correcte pour obtenir la courbe souhaitée.

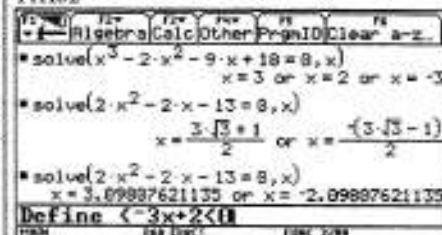
Il y a confusion entre fonction et courbe.

Il est clair qu'E4 décrit ce qu'elle voit, elle ne fait aucun lien entre le cadre algébrique et le cadre graphique.

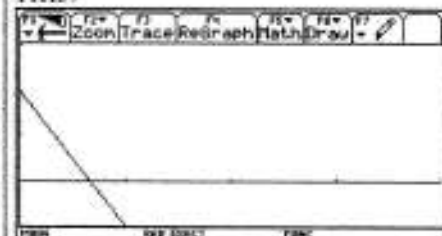
Encore une fois E4 ne répond pas à la question, devant la difficulté, elle fait appel à ses souvenirs indépendamment de la question posée.

Les échanges suivants montrent qu'elle ne sait pas utiliser ZOOMBOX. In en explique le fonctionnement.

11H32



11H37



11H39



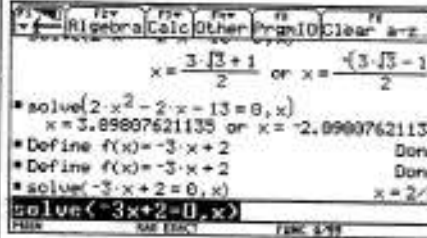
BILAN EXERCICE 3

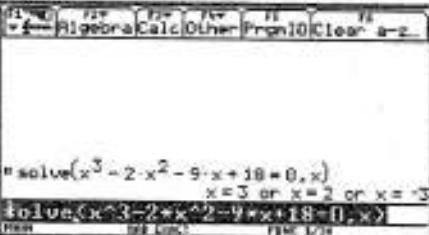
La transcription presque intégrale des échanges concernant l'exercice 3 montre avant tout les difficultés d'E4 en mathématiques.

Concernant la TI 92 il est clair que c'est une échec total ne serait ce que parcequ'E4 ne se souvient plus des manipulations les plus élémentaires et encore moins du sens qu'il faut donner aux résultats affichés par la machine.

Il est probable que le même exercice donné de façon classique aurait donné des résultats apparemment meilleurs mais il aurait masqué les difficultés d'E4.

L'entretien d'une part, la machine d'autre part sont deux moyens qui mettent nettement en évidence toutes les difficultés conceptuelles d'E4. La machine renforce ici les handicaps mais elle sert aussi de révélateur.

....Après avoir effectué un ZOOM... E4 <i>je ne m'attendais pas à ça!</i> In vous auriez voulu une valeur...Utilisez TRACE. In connaissez-vous la valeur pour laquelle la fonction s'annule? E4 ...??... In que peut-on dire de ce qui s'affiche, vous avez du mal à avoir 0. E4 <i>des décimales (pour des décimaux): ils sont tout petits (proches de 0), on aimerait avoir 0 pile pour y.</i> Ob Comment faire? E4 <i>je ne m'en rappelle plus.</i> In Sauriez-vous le faire sans machine? E4 <i>on résout "l'équation" $-3x+2 \leq 0$.</i> Ob l'équation ou l'inéquation? In vous cherchez les coordonnées du point dont les coordonnées vérifient une équation: laquelle? E4 $-3x+2 \leq 0$ In non, ceci est une inéquation. Comment peut-on avoir une solution de l'équation $-3x+2=0$? E4 <i>on obtient $x=\frac{2}{3}$.</i> In que représente $x=\frac{2}{3}$? E4 <i>c'est l'abscisse du point d'intersection.</i> In revient au problème et relit la question. E4 $-3x+2 \leq 0$ <i>pour la partie qui est au-dessous de l'axe des abscisses.</i> In Comment est x ici? E4 <i>x est positif!</i> In par rapport à $\frac{2}{3}$? E4 <i>inférieur, non...supérieur. L'affirmation est fausse, il faudrait $\frac{2}{3}, +\infty$ pour qu'elle soit vraie.</i> Fin de l'entretien à 11H52	Ob revient à ZOOMBOX mais E4 ne se souvient pas de l'effet que cette commande produit. En fait il semble qu'E4 mélange intersection et ZOOMBOX et elle pense que cette dernière commande va lui fournir la solution. Ceci semble corroboré par l'échange qui suit. A ce moment E4 est complètement perdue, finalement elle murmure: "...il faut revenir à..." (sous-entendu l'application initiale).	11H38 
---	--	---

DIALOGUES In : l'interviewer Ob: l'observateur	COMMENTAIRES ET INTERPRETATIONS	ECRANS
9H43 In explicite les consignes. <i>E7 je vais dans l'application initiale et j'utilise SOLVE.</i> ... <i>E7 il y a trois solutions mais deux sont positives donc l'affirmation est fausse.</i>	EXERCICE 1	
	BILAN EXERCICE 1 Réponse correcte Cadre algébrique Commande : SOLVE Interprétation de l'affichage et des messages satisfaisante.	

EXERCICE 2

9H45

E7 j'utilise SOLVE

E7 on a deux solutions, l'affirmation est fausse car elle (sous-entendu l'affirmation) dit qu'il y a entre 3 et 4 solutions alors qu'il n'y en a que deux.

In relisez l'énoncé

E7 Ah oui! On peut en éliminer une qui est négative car le numérateur est négatif.

In Pourquoi?

E7 car il y a une parenthèse et un "-" devant.

In ne faudrait-il pas regarder ce qu'il y a à l'intérieur des parenthèses.

E7 conclut que l'affirmation est vraie en examinant les valeurs approchées.

Une lecture trop rapide de l'énoncé et un manque certain d'attention explique cette réponse "absurde".

Spontanée mais étourdie E7 répond du tac au tac au lieu de mobiliser ses connaissances, c'est une attitude habituelle chez elle. In n'insiste pas et revient au problème.

E7 récupère les deux valeurs dans la zone d'affichage et obtient l'écran ci-contre en tapant $\square$ puis $\square$.

Elle manipule avec dextérité.

9H49

Algebra Calc Other PrnIO Clear a-z

• solve(2·x² - 2·x - 13 = 0, x)

$x = \frac{3 + \sqrt{17}}{2}$ or $x = \frac{3 - \sqrt{17}}{2}$

• $x = \frac{3 + \sqrt{17}}{2}$ $x = 3.09608$

• $x = \frac{3 - \sqrt{17}}{2}$ $x = -2.09608$

$x = \frac{3 + \sqrt{17}}{2}$

From Exp Edit Func 9/99

BILAN EXERCICE 2

Réponse correcte

Cadre algébrique

Commande SOLVE et $\square$ puis $\square$

Bonne manipulation

Réponses trop spontanées nécessitant des allers-retours entre la machine et l'énoncé.

EXERCICE 3

9H50

In indique à E7 qu'elle peut utiliser la méthode de son choix.

E7 choisit le cadre graphique.

E7 je passe dans [GRAPH]

In êtes-vous surprise? Vous vous y attendiez?

E7 $-3x+2$ est affine, sa représentation graphique est une droite.

In vous allez regarder...

E7 tous les points de la courbe dont l'ordonnée est supérieure ou égal à 0.

In comment se traduit, sur la courbe, que les points ont une ordonnée négative?

E7 il faut qu'ils soient au-dessous de l'axe des abscisses.

Je vais faire VALUE pour vérifier.

In comment être sûr que $\frac{2}{3}$ est bien la valeur que l'on cherche? (1)

E7 vérifier avec l'équation (sous-entendu à la main).

In et avec la machine,...

E7 avec SOLVE

E7 on trouve que c'est vrai.

In relisez l'énoncé SVP, l'ensemble des solutions de l'équation $-3x+2 \leq 0$ est...

E7 $[\frac{2}{3}, +\infty[$ donc c'est faux.

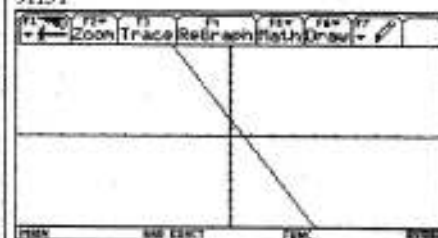
E7 n'hésite pas et choisit le cadre graphique à cause de la présence de ≤ 0 .

Nouvelle étourderie, il faut s'y reprendre à deux fois pour que E7 relise et interprète correctement l'énoncé alors qu'elle sait parfaitement ce qu'il faut faire.

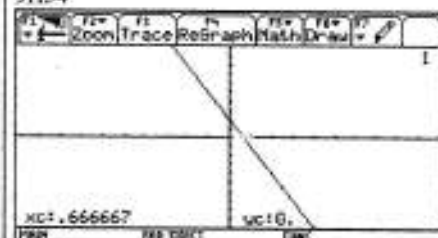
E7 manipule très bien et choisit $x = \frac{2}{3}$ qui s'affiche 0,666667. In fait remarquer qu'il s'agit d'une valeur approchée. Ob rappelle le sens qu'il faut donner au point dans 0.

Curieusement alors que E7 a déjà trouvé la bonne valeur à savoir $\frac{2}{3}$ en résolvant mentalement l'équation $-3x+2=0$, ici elle tape: Solve($-3x+2 \leq 0, x$) (voir écran)

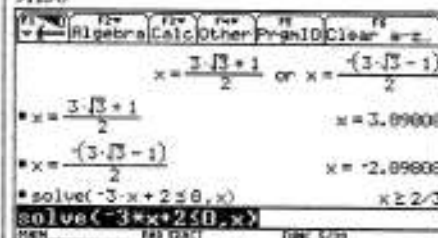
9H51



9H54



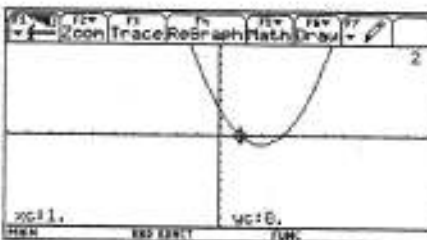
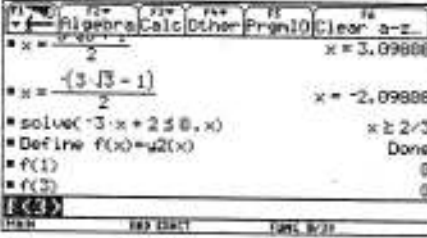
9H56



(1) Cette question peut paraître superflue puisque E7 a, quelques instants avant, calculé mentalement la solution de $-3x+2=0$. Avec la TI le problème est différent car en mode graphique tous les résultats numériques sont approchés donc le 0, ne constitue pas une validation suffisante.

BILAN EXERCICE 3

Réponse correcte
Elève manipulant bien la TI
Cadre graphique et cadre algébrique
Les échanges entre les deux cadres fonctionnent bien.
Lecture trop rapide des consignes ainsi que des résultats affichés
par la machine qui entraînent souvent des bévues qui, en général, sont vite
réparées.

9H57	EXERCICE 4	10H01
E7 j'utilise Trace pour vérifier si j'ai des points qui ont une ordonnée négative et une abscisse comprise entre 1 et 3. In qu'est ce qui s'affiche? E7 des ordonnées négatives. ... E7 je pense que c'est juste car avec TRACE et VALUE j'ai obtenu $y=0$ pour $x=1$. In est-ce que ce sont des valeurs exactes? Ob comment être sûr que ce sont bien des valeurs exactes? E7 on remplace x par 1 dans x^2-4x+3. In faites le avec la machine. In Regardez l'énoncé. E7 tous les points qui ont une abscisse comprises entre 1 et 3, 1 et 3 non compris, ont une ordonnée négative. In et la phrase ... E7 c'est faux il aurait fallu que x^2-4x+3 soit strictement négatif ou que l'intervalle soit fermé.	E7 utilise l'application graphique. Dans un premier temps elle tape $y2(x)=x^2-4x+3 \leq 0$ puis elle enlève le ≤ 0 rapidement en disant qu'elle a confondu avec SOLVE. E7 pense que ce sont des valeurs exactes. Ob rappelle que graphiquement toutes les valeurs sont approchées. E7 calcule correctement $f(1)$ et $f(3)$ avec DEFINE (voir écran) et conclut que la phrase est juste.	10H05  
	BILAN EXERCICE 4	
	Réponse correcte Cadre graphique et cadre algébrique Passages d'un cadre à l'autre satisfaisants dans les deux sens. Bonne connaissance et bonne utilisation des fonctionnalités de la machine qui permettent de traiter la question. Le fait que les valeurs numériques affichées dans l'application graphique soient approchées n'est pas assimilé (on peut dire que les valeurs choisies ici comme $f(1)=0$ ne sont guère incitatrices à semer le doute dans l'esprit d'un élève de seconde lorsqu'il voit 1. et 0.). Beaucoup d'étourderies comme dans l'exercice N°3.	

EXERCICE 5

10H06

In que représente R^+ .

E7 ce sont les réels positifs ou nul.

In que signifie: " la fonction f est définie sur R^+ "?

E7 ça veut dire que toutes ces solutions sont positives ou nulles.

In solutions de quoi?

E7 de $f(x)$.

In solutions de $f(x)$ n'a pas de sens.

In y a-t-il une condition pour calculer $f(x)$?

E7 oui, il faut que le radicande soit positif ou nul. Il faut regarder si $2x^2 - 3x + 1$ est positif ou nul.

Ob est-il toujours positif ou nul?

E7 oui car une racine carrée est toujours...Euh... non, un radicande est toujours positif.

E7 je passe dans [V-] et j'utilise le cadre graphique.

je vais regarder si...; je ne sais pas expliquer.

In faites le, vous expliquerez après.

E7 la fonction n'est pas définie que sur R^+ puisqu'il y a des abscisses négatives.

Comme convenu In explique le sens qu'il faut donner à la phrase en question. Nous avons prévu cette difficulté et il est frappant de constater que suivant le contexte et la façon dont on exprime qu'une fonction est définie sur un ensemble les élèves comprennent plus ou moins bien. Visiblement E7 ne comprend pas la question

In dit: "si on trouve une valeur de x pour laquelle $2x^2 - 3x + 1$ est négatif, que pourra-t-on en déduire? E7 répond: "que f n'est pas définie que sur R^+ ".

Pour E7 la présence de la racine carrée et de R^+ font que de toute évidence il y a un lien entre les deux.

Encore un manque d'attention de E7. Ob rappelle que c'est justement ce qu'il faut démontrer ici.

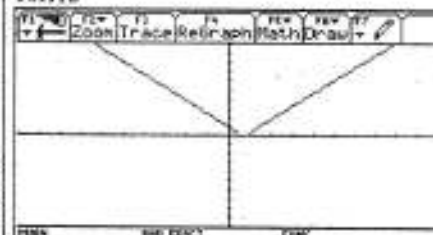
In demande s'il n'y aurait pas un moyen de le prouver et fait référence à l'exercice N°4 et indiquant qu'on peut refaire le même travail.

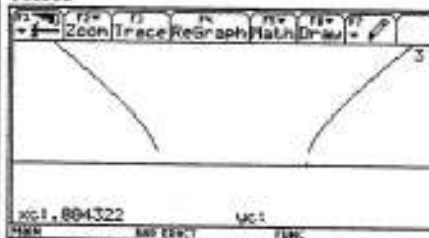
En fait, d'un côté nous voulions faire apparaître dans la même phrase R^+ et une racine carrée, de l'autre, nous voulions que la fonction ne soit pas définie pour certaines valeurs positives de x , c'est ce qui explique le choix de la phrase: " la fonction f est définie sur R^+ ".

E7 pense avoir répondu à la question alors qu'elle n'a visiblement pas étudié f sur R^+ .

A partir de cet instant, E7 ne comprend pas exactement pourquoi on lui demande d'étudier ce qui se passe entre 0,5 et 1 puisqu'elle est persuadée d'avoir correctement répondu.

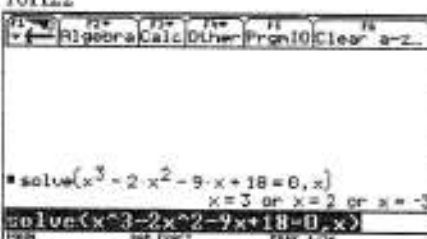
10H12



In ce n'est pas pour ça que l'on peut répondre à la question. Il y a une incertitude pour x positif. E7 on fait un ZOOMBOX. In il y a une partie où il n'y a rien E7 utilise TRACE (voir écran) In on est toujours en mode approché, que peut-on faire? E7 ...?... Ob graphiquement qu'est ce qui vous incite à penser que c'est faux? E7 parce que tout à l'heure on a vu des abscisses négatives. Ob oui, mais peut-on calculer $f(x)$ pour x positif ou nul? E7 non car il y a un problème. In peut-on obtenir $y < 0$? E7 non! In pourquoi? E7 c'est une racine carrée... In qu'a-t-on fait tout à l'heure (dans l'exercice N°4)? s'il y a un problème c'est dans quel intervalle? E7 10H15 fin de l'entretien	In cherche à provoquer un changement de cadre qui ne se produit pas. E7 a utilisé trace dans l'intervalle 0,5 et 1 et constaté qu'aucune valeur de y_c ne s'affichait. In essaie de provoquer un changement de cadre qui ne se produit pas. A priori il ne semble pas pertinent à E7 de poursuivre des investigations dans la mesure où elle pense avoir répondu à la question depuis longtemps.	10H15 
	BILAN EXERCICE 5 Avec la façon dont E7 a interprété la question cette dernière devient évidente dès lors qu'elle a la courbe sous les yeux. Elle ne comprend pas pourquoi des investigations sur $\mathbb{R}^-$ sont nécessaires. Il est clair que la façon dont la question est posée ainsi que l'allure de la courbe ne l'incitent pas à aller plus avant. On peut constater que E7 ne comprend pas la phrase "f est définie sur..." et qu'elle mélange souvent radicaire et racine carrée. On pourrait peut-être aller plus loin en disant que pour elle, à partir du moment où une racine carrée est écrite, le radicaire est positif. La notion d'ensemble de définition n'est pas encore acquise (c'est normal en seconde).	

DIALOGUES In : l'interviewer Ob: l'observateur	COMMENTAIRES ET INTERPRETATIONS	ECRANS
---	---------------------------------	--------

Avertissement: E8 est un élève qui a du mal à s'exprimer; habituellement il éprouve peu le besoin de justifier ce qu'il affirme. L'audition de la cassette (qui contient beaucoup de silences) est difficile et rend imparfaitement compte de ce que pense et fait E8.

	EXERCICE 1	
10H20 In rappelle et explicite les consignes les consignes E8 je me sers de SOLVE. ... In donc.. E8 L'équation est égale à 0 quand x vaut 3; 2 et -3 donc c'est faux car il y en a une négative.	On note la confusion entre équation et fonction, confusion que l'on retrouvera par la suite.	10H22  The screenshot shows a TI-84 Plus calculator interface. The top menu bar includes options like 'Algebra', 'Calc', 'Distrib', 'Prn', 'IO', 'Clear', and 'a-z...'. The main display area shows the command <code>■ solve(x^3-2x^2-9x+18=0,x)</code> and the result <code>x=3 or x=2 or x=-3</code>. Below the result, there is a line <code>■ solve(x^3-2x^2-9x+18=0,x)</code> which appears to be a repeat of the command.
	BILAN EXERCICE 1 Réponse correcte Cadre algébrique Commande: SOLVE Interprétation de l'affichage et des messages satisfaisante Confusion entre fonction et équation	

EXERCICE 2

10H23

In vous pouvez essayer ce que vous voulez.
E8 je fais pareil.

E8 il y a 2 valeurs pour lesquelles l'équation est égale à 0.

In que cherche-t-on?

E8 s'il y en a une entre 3 et 4.

In a priori, ..., en regardant leurs formes

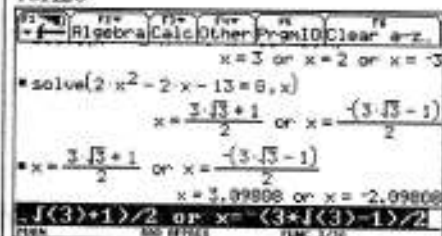
In sous cette forme, ce n'est pas évident, que pourrait-on faire?
Comment sont les valeurs affichées?

E8 exactes

Voir exercice N°1.

Très rapidement et sans rien dire, E8 passe en mode approché et conclut qu'il n'y en a qu'une entre 3 et que la phrase est vraie (In lui rappelle qu'il aurait pu utiliser $\square$ puis ENTER).

10H26



BILAN EXERCICE 2

Réponse correcte
Cadre algébrique
Commande : SOLVE
Utilisation de la touche MODE
Manipule bien
Confusion entre fonction et équation

EXERCICE 3

10H26

In qu'est ce que $-3x+2 \leq 0$?

E8 une inéquation?

In qu'utilisez-vous comme application?

N'ayez pas peur d'essayer quelque chose.

E8 je vais dessiner quelque chose.

C'est une droite

In ça vous étonne?

...(pas de réponse)

E8 je vais regarder quand la courbe est au-dessous de l'axe des abscisses.

In pourquoi? Qu'est ce que ça veut dire quand la courbe est au-dessous de l'axe des abscisses?

E8 que $-3x+2$ est supérieur ou égal à 0.

In supérieur ou égal à 0??

E8 non inférieur ou égal à 0.

In est-ce qu'on pourrait être plus précis?

revenons au problème, la phrase vous paraît-elle juste ou fausse?

E8 fausse car la droite se situe à droite de l'axe des ordonnées...

In précisez s'il vous plaît, ce que vous dites est difficile à interpréter.

In si vous vouliez confirmer par une valeur, que feriez-vous?

E8 VALUE

Ob comment être certain de l'abscisse du point d'intersection avec l'axe des abscisses, ...essayez de l'atteindre.

E8 ...(partie inaudible...).

In comment définir le point d'intersection de la droite avec l'axe des abscisses? C'est une valeur de x pour laquelle $-3x+2$ est ...

E8 nul

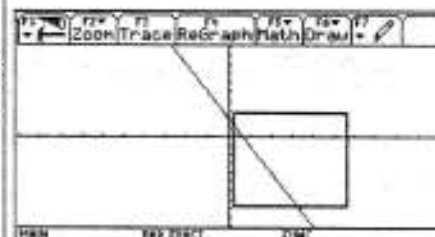
In c'est une solution de ...

E8 ...?

In de l'équation $-3x+2=0$

sauriez-vous trouver une solution de $-3x+2=0$

Ici E8 fait-il une première confusion entre abscisses et ordonnées positives ou bien a-t-il compris? Il est probable qu'il a compris et qu'il évoque la partie encadrée ci-contre qui est bien à droite de l'axe des ordonnées. Il s'en suit un échange pour guider E8 qui conclut que la phrase est fausse.



Ici l'enregistrement est difficilement audible, il semble que la réponse soit positive mais E8 ne dit pas clairement comment il procéderait.

BILAN EXERCICE 3

Réponse correcte

Cadre graphique

Le passage cadre graphique cadre algébrique ne se produit pas clairement. La réponse graphique semble suffisante à E8.

Verbalisation souvent déficiente.

Manipulations correctes.

10H28

E8 je fais pareil.

In pourquoi avez-vous enlevé ≤ 0 ?

E8 car pour la courbe il n'y en a pas besoin.

In qu'est ce qui vous intéresse?

E8 l'intervalle $[1,3]$.

In vous cherchez à savoir si l'intervalle $[1,3]$ est la partie pour laquelle...

E8 l'inéquation est négative ou nulle

In comment ça se traduit graphiquement?

E8 quand la courbe est au-dessous de l'axe des abscisses.

In donc en regardant...

E8 c'est vrai

In êtes vous sûr que c'est 1 et 3?

E8 je vais essayer avec VALUE

avec $x=1$ l'inéquation est égal à 0

avec $x=3$, aussi.

In donc, comment être certain que ce sont bien des valeurs exactes?

E8 je définis une équation et je remplace x par 1 et 3.

J'appelle l'équation $f(x)$.

je tape $f(1)$ (en mode exact)

EXERCICE 4

E8 passe dans $[Y=]$. Dans un premier temps il tape $y2(x)=-x^2-4x+3$ puis enlève ≤ 0 .

Nouvelle confusion entre fonction, inéquation et même courbe.

Toujours la même confusion.

Ob rappelle que toutes les valeurs numériques affichées dans l'application graphique sont approchées.

Un fois de plus E8 ne connaît pas la nature des objets qu'il manipule.

In revient au problème posé et les échanges qui suivent montrent que E8 a beaucoup de difficultés à définir ce qu'est la solution d'une équation ou d'une inéquation.

De même on constate qu'à aucun moment E8 n'a remarqué que l'intervalle $]1,3[$ est ouvert. Il faut donc revenir encore aux valeurs 1 et 3 pour qu'enfin E8 conclut que l'affirmation est fausse.

BILAN EXERCICE 4

Réponse exactes.

Cadre graphique puis algébrique.

Passages difficiles entre les cadres.

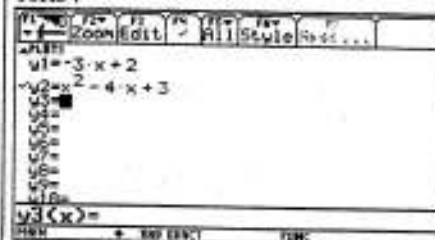
Confusion abscisses ordonnées.

Méconnaissance des objets mathématiques utilisés.

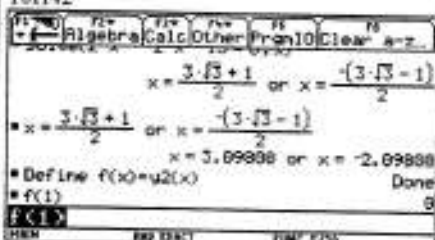
Verbalisation déficiente.

Manipulations correctes.

10H34



10H42



10H43

In Que représente IR-?

E8 les réels positifs ou nuls.

In que signifie: "f est définie sur IR-?"

E8 que la fonction est positive ou nulle.

Ob que faites-vous pour le savoir?

E8 je la dessine...je la construis.

In que cherche-t-on à voir?

In revient à la question posée; E8 ayant construit la courbe.

E8 elle (la fonction) n'est pas définie quand $x=0$

Ob Pourquoi?

E8 parce que la courbe s'arrête puis repart (voir écran).

Ob Où s'arrête-t-elle?

In (changeant de question) pouvez-vous me montrer avec TRACE où $x=0$.

In comment placer le point exactement?

E8 avec VALUE (voir écran).

Retour au problème

Fin de l'entretien à 10H51

EXERCICE 5

In précise que cela signifie que l'on peut calculer $f(x)$ pour x positif ou nul.

Ob demande de répéter.

In pense que E8 a voulu dire f est défini quand x est positif.

En fait Ob demande à E8 de répéter et celui-ci redit la fonction n'est pas définie pour $x=0$.

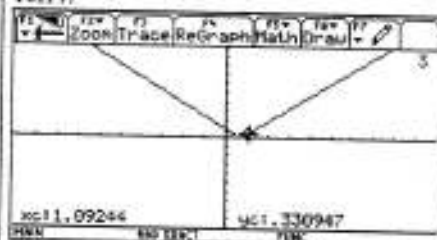
Encore une fois il y a confusion entre abscisse et ordonnée, E8 déplace le curseur autour de l'axe des x près des valeurs 0,5 et 3, y_c disparaît puis réapparaît. Bien entendu il n'obtient pas $x=0$.

Ob lui demande un point de la courbe où x est négatif puis un point de la courbe où $x=0$.

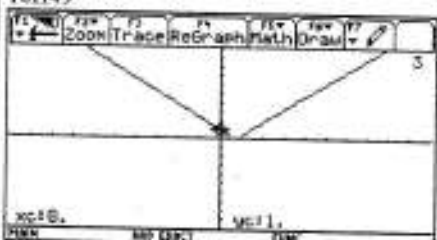
Ce n'est qu'après avoir utilisé VALUE que prend conscience de son erreur.

E8 explique que pour les valeurs de x "où il n'y a plus la courbe" on ne peut pas calculer $\sqrt{2x^2-3x+1}$. A l'aide de Trace il situe ces valeurs entre 0,4 0,5 et 1 environ.

10H47



10H49



BILAN EXERCICE 5

La confusion entre axe des abscisses et axe des ordonnées est déterminante dans les difficultés rencontrées ici. Sans celle-ci, on peut penser que E8 aurait mené l'exercice jusqu'au bout.

Encore une fois la TI est un bon révélateur d'une insuffisance qui n'avait pas été remarquée jusqu'alors. Les commandes TRACE et VALUE ont permis d'aider E8 à comprendre son erreur.

Cette erreur étant rectifiée E8 est malgré tout parvenu à situer approximativement les valeurs cherchées.

9h06

E9 Je vais essayer de mettre ... je vois pas parce qu'il y a « $=0$ »

In encourage à continuer et rappelle les consignes.

E9 Je comptais faire dans la partie graphique mais comme il y a « = 0 » ... ce sera pas possible...

Donc... je vais essayer déjà de taper dans le cadre algébrique.

In Le zéro vous gêne, vous auriez voulu que ce soit sous quelle forme pour utiliser le graphique ?

E9 Par exemple $y=x$ ou une formule ...

In D'accord

E9 ... comme ça j'aurais pu constater sur la courbe ... mais je peux essayer SOLVE...

In Un message apparaît : que dit-il ?

E9 Too few arguments. Peut être il faut mettre « x » je vais essayer...

« L'équation admet trois solutions dont deux négatives » c'est faux parce qu'il y a trois solutions, d'accord, mais il y en a deux positives.

EXERCICE 1

E9 semble désigner la commande GRAPH mais renonce à l'employer : elle ne reconnaît pas dans la question posée sous forme d'équation une situation adaptée au traitement graphique.

Une erreur de syntaxe est commise : solve (équation)
au lieu de solve (équation , x),
rectifiée après lecture du message affiché par la TI.

9h09



BILAN EXERCICE 1

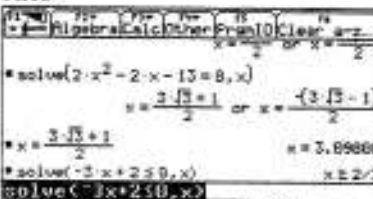
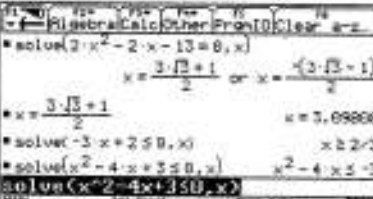
Réponse correcte

Cadre algébrique

Commande : SOLVE

Interprétation de l'affichage et des messages satisfaisante

	EXERCICE 2	
9h09 E9 Je prends SOLVE... J'ai oublié le... In Combien trouvez vous de solutions ? E9 Deux solutions. In Oui. Quel est le problème maintenant ? E9 C'est de savoir si x, enfin cette forme, égale, entre 3 et 4. In Oui. Pourquoi ? Parce que vous éliminez forcément la deuxième E9 Oui parce que c'est moins... donc ce sera négatif... In C'est forcément négatif quelque chose comme ça ? E9 ... enfin... si, c'est négatif ! In Pourquoi ? E9 Parce que $-3\sqrt{3} + 1$... parce que 1 c'est..., $-3\sqrt{3}$ c'est plus grand donc c'est négatif In Très bien. E9 En fait j'aimerais mettre ça, mettre x en valeur approchée pour savoir si c'est maintenant entre ... In oui... E9 Il faut sélectionner que le premier... Alors... voilà, ça me donne 3,09808 donc c'est bien. In Qu'est ce que 3,09 par rapport à la valeur située à gauche ? E9 C'est la valeur approchée. In Oui. E9 Donc ce n'est pas exactement le même puisqu'une valeur approchée, il y a plusieurs décimales après la virgule, et on ne peut pas les prendre toutes. Donc en fait il y a bien une solution entre 3 et 4. In Que peut on dire de la phrase 2 ? E9 Elle est vraie.	E9 utilise correctement la commande SOLVE mais tape $2x^2 - 13 = 0$ au lieu de $2x^2 - 2x - 13 = 0$. Elle rectifie l'oubli d'exposant puis dans un second temps celui du terme $-2x$. E9 désigne la solution $\frac{3\sqrt{3} + 1}{2}$ Assez longue hésitation. E9 développe mentalement $-(3\sqrt{3} - 1)$. x, sous entendu la solution positive $\frac{3\sqrt{3} + 1}{2}$ E9 sélectionne la ligne $x = (3\sqrt{3} + 1)/2$ or $x = -(3\sqrt{3} - 1)/2$, tape [ENTER], efface par la touche [←] la 2^{ème} solution puis tape [•][ENTER]. L'emploi de l'article défini ne doit pas laisser croire que pour E9 un nombre n'a qu'une valeur approchée ; simplement 3,09808 est la valeur approchée de $\frac{3\sqrt{3} + 1}{2}$ fournie par la calculatrice dans le mode prédéfini.	9h10  9h12 
	BILAN EXERCICE 2 Réponse correcte Cadre algébrique Commande SOLVE puis [•][ENTER] L'étude mentale du signe de $-(3\sqrt{3} - 1)/2$ par comparaison de $3\sqrt{3}$ à 1 est réalisée. Les termes « valeur approchée d'un nombre » sont connus et employés.	

9h12 E9 <i>Déjà je vais faire pareil avec SOLVE.</i> In Quelle réponse obtient-on ? E9 <i>Alors $x \geq 2$. Donc je peux dire c'est faux puisque c'est supérieur ou égal donc il est dans l'intervalle $2/3$ plus l'infini.</i> In Très bien.	EXERCICE 3 E9 tape <code>solve(-3x+2</code>, demande quelle touche permet d'obtenir <code>≤</code>, et poursuit.	9h13 
	BILAN EXERCICE 3 Réponse correcte Cadre algébrique Commande SOLVE utilisée avec une inéquation. La notion d'intervalle paraît acquise.	
9h14 E9 <i>Il faut faire pareil avec SOLVE.</i> In Sous quelle forme est donnée la réponse ? E9 <i>Sous forme d'une équation.</i> In Peut-on répondre tout de suite à la question posée ? E9 <i>Non. On ne peut pas parce que là c'est l'intervalle $1, 3$ et là ils ont juste changé le -3 de place mais on peut pas savoir.</i> In Dans l'exercice 3 on a réussi avec la commande SOLVE. Aurait-on pu faire autrement ? E9 <i>...</i> <i>je ne vois pas...</i> In Dans l'exercice 3, n'aurait-on pas pu passer dans le cadre graphique ? E9 <i>Si parce qu'on aurait pu voir si par exemple la courbe ...</i> In Essayez de le faire. E9 <i>Je vais taper...</i> <i>Comme je ne sais pas ce que ça va donner, je vais essayer zoomstandard ... ça ne donne rien.</i> In Regardez ce que vous avez tapé dans l'application [Y=] ? E9 <i>...</i> In Qu'est-ce qu'on d'habitude dans cette application ?	EXERCICE 4 Ici la machine répond : $x^2 - 4x \leq -3$. E9 confronte la réponse de l'énoncé : intervalle $]1,3[$ à celle de la machine : $x^2 - 4x \leq -3$. Le changement de cadre n'étant pas immédiat, In encourage E9 à ce passage en l'amenant à se souvenir de la démarche graphique citée, mais rejetée, à l'exercice 1. Erreur d'entrée dans l'application [Y=] : E9 tape une inéquation au lieu d'une fonction : $y1 = x^2 - 4x + 3 \leq 0$.	9h14  9h16 

E9 Une fonction.
In Regardez ce que vous avez tapé ; pour vous c'est une fonction ?
E9 Non parce qu'il y a inférieur ou égal...
Celle affirmation... Cette phrase est juste parce qu'il y a marqué inférieur ou égal dans l'intervalle 1, 3 et... je vois que dans cet intervalle la courbe a une altitude négative.
In Oui ; comment pouvez vous être sûre que c'est 1, 3 ? En fait vous dites que c'est négatif parce que la courbe se place ...
E9 à une altitude négative.
In Ah bon d'accord... Etes vous sûre que c'est 1, 3 ?
E9 Déjà il faut regarder les quadrillages.
In Cela pourrait être 1, ... ;
E9 Je vais faire un zoombox sur cette partie de la courbe ...
In Quelle commande utilisez vous là ?
E9 zoombox puis...
In Quelle partie voulez vous déterminer ?
E9 La partie où c'est négatif.
In Vous commencez à un premier coin ; il faut déterminer un autre coin mais combien y a-t-il de coins ?
E9 Quatre.
In Oui ; donc si on n'en redemande qu'un 2^{ème}, il faudrait choisir celui qui est intéressant à voir.
E9 Ah oui, c'est bon... (long silence)
In Que cherchez vous à savoir ?
E9 En fait si ça passe bien par 1 et 3
In On cherche plus que ça... il faut que la courbe coupe l'axe des abscisses ...
E9 en 1 et 3
In en exactement 1 et 3. Que peut on faire maintenant. A-t-on la possibilité d'avoir exactement les points d'intersection ?
E9 Oui, avec TRACE...
In Qu'affiche la machine ?
E9 A gauche l'abscisse de ce point, et ce que ça leur donne. Mais parfois on n'arrive pas bien à le placer dessus alors on peut faire avec VALUE.
Là ça prouve bien que pour $x=0$ l'altitude de la courbe est nulle. Maintenant je vais essayer pour $x=3$.

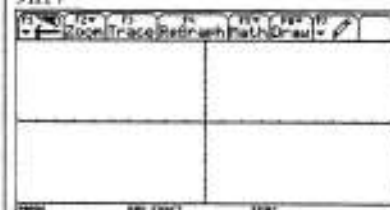
E9 rectifie l'entrée de la fonction.

In découvre le charme (?) d'une expression imagée...
E9 veut dire la graduation des axes.

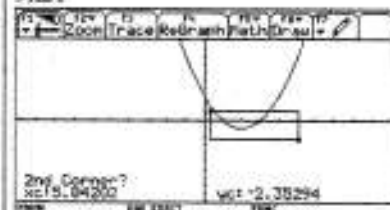
La manipulation de zoombox est incorrecte : E9 n'indique pas les deux coins opposés de la boîte de zoom.

L'écran affiche $x_0:1$ mais E9 dit par erreur $x=0$.

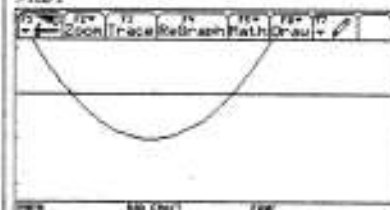
9h17



9h21



9h21



Ca me prouve la même chose donc je peux dire que c'est vrai, que la courbe a une altitude négative entre 1 et 3.

In On dispose de l'expression de la fonction. Ne pourrait on faire des calculs à la machine ?

E9 Oui, avec SOLVE, mais

In on veut vérifier que la valeur exacte au point $x=1$ de la fonction c'est...

E9 0

In alors comment faire ?

E9 Dans le cadre algébrique on peut marquer... DEFINE

...

In Que fait la commande DEFINE ?

E9 Ca introduit une équation dans la mémoire.

In C'est une équation qui y est introduite ?

E9 Non, c'est une fonction ; alors il faut que j'enlève le ...

In y_1 est une expression qui dépend de

E9 il faudrait y_1 , entre parenthèses, de x .
J'ai marqué $y_1(1)$. Ca donne bien 0.

In Cette fois ci on est bien en mode

E9 exact.

In En fait on pourrait faire la même chose pour

E9 3.

In On aurait cette fois ci la (... ?...) que 1 et 3 sont des valeurs pour lesquelles

E9 la courbe a une altitude nulle.

In Quelle est la réponse à la question 4 ?

E9 Ben... c'est vrai, en fait non, c'est faux parce qu'il faudrait que les crochets comprennent 1 et 3.

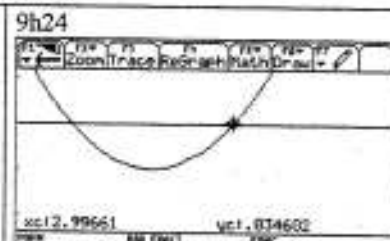
J.D. fait observer que $x_c : 1$ et $y_c : 0$ sont des valeurs approchées (E9 objecte que la machine est en mode exact, comme l'indique la ligne d'état) mais J.D. confirme que le calcul des coordonnées du point suivi par TRACE est effectué en mode approché.

Comment alors savoir la valeur véritablement exacte ?

Pour le calcul de l'image de 1, In suggère l'utilisation de y_1 mais cela semble déstabiliser E9 ; on revient donc à DEFINE.

E9 retire SOLVE ; erreur de syntaxe, puis elle ajoute y_1 :
Define($y_1=x^2-4x+3$) mais cela ne suffit pas ; après encore quelques hésitations on obtient l'écran M ci-contre.

Ca marche !



9h28

9h29

BILAN EXERCICE 4

Réponse correcte

Cette fois ci la commande SOLVE se révèle inopérante.

Encouragée à changer de cadre, E9 utilise l'application [Y=], obtient un tracé convenable grâce à zoomstandard et interprète convenablement la position de la courbe par rapport à l'axe des abscisses (points d'altitude négative).

La vérification de l'exactitude des valeurs charnières 1 et 3 est plus laborieuse (zoombox mal utilisé, TRACE puis DEFINE).

EXERCICE 5

9h30

E9

In Est ce clair pour vous, la phrase « la fonction est définie sur $\mathbf{R}^+$ ».
Qu'est-ce que $\mathbf{R}^+$ tout d'abord ?

E9 Positif, c'est l'ensemble des positifs.

In Avec ou sans 0 ?

Avec 0. La fonction est définie sur $\mathbf{R}^+$ veut dire que ...

E9 cette fonction... par exemple quand on va dans la partie
graphique, est-ce que la courbe est seulement sur la partie positive ou
nulle de...

In Bon...

E9 Quand on a un graphique est-ce que la courbe est juste dans la
partie positive ou nulle...

In f est définie sur $\mathbf{R}^+$ veut dire qu'on peut calculer cette fonction
donnée pour toute valeur x positive ou nulle.

E9 En fait on s'intéresse plutôt à l'abscisse

In peut-on calculer cette fonction pour toute valeur de x ?

E9 Non puisqu'il ne faut pas que le radicande d'une racine carrée
soit négatif...

In Il faut étudier, suivant les valeurs de x, si...

E9 si on peut calculer...

In c'est-à-dire si le radicande est...

E9 positif ou nul... Dans le cadre graphique...

Déjà c'est normal que (... ? ...) une altitude positive ou nulle
puisque ça ne peut pas être négatif... seulement...

In En fait que voulez-vous utiliser plus spécifiquement ?

E9 La valeur de x...

In C'est bizarre, on observe un blanc

A partir du graphique on a envie de dire que

E9 que la fonction est définie sur $\mathbf{R}$, pas que sur $\mathbf{R}^+$.

In Pourtant on a un blanc là... sur une petite partie on ne voit plus la
courbe

E9 donc déjà elle n'est pas définie sur $\mathbf{R}^+$ puisque cette partie là,
c'est dans la partie $\mathbf{R}^+$ puisque x est positif.

In Ce n'est pas très précis là...

E9 lit l'énoncé.

E9 ne se rappelle pas.

E9 évoque « la partie positive ou nulle » : pense-t-elle au demi-
plan $x \geq 0$ ou au demi-plan $y \geq 0$?

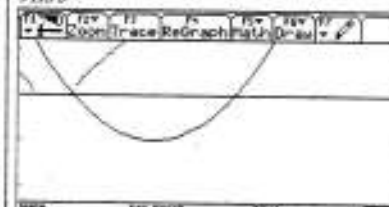
E9 tape $y_2(x) = \sqrt{2x^2 - 3x + 1}$

Deux courbes apparaissent

E9 reconnaît la 1^{ère}, suggère de l'effacer et le fait (désélection
par [F4] avant de tracer).

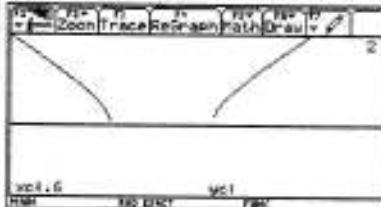
E9 utilise zoombox

9h33



9h35



E9 ... In Ce n'est pas encore très clair, il manque des points... Comment a-t-on fait précédemment ? E9 On a évalué ou alors dans le cadre algébrique On peut rester dans le cadre algébrique avec VALUE... On pourrait essayer VALUE... pour ces valeurs de x... In On va essayer une valeur ; que va-t-on faire après, en fonction de ce que l'on aura trouvé ? E9 ... In Essayez une valeur. E9 Prenons 0,6 ; ça ne donne pas de réponse. J.D. Qu'est-ce que ça veut dire ? E9 Pour ces valeurs de x, le radicande doit être négatif donc on ne peut pas calculer. In N'as-tu pas maintenant tous les éléments pour répondre ? E9 L'affirmation 5 est fausse. 9h38: fin de l'entretien	E9 ne sait plus comment faire pour trouver une abscisse dans la partie « blanche ». In suggère TRACE.	9h39 
	BILAN EXERCICE 5 Réponse fausse Au départ la phrase « f est définie sur $\mathbf{R}^+$ » est mal interprétée ; une aide pour traduire la question en termes d'« actions envisageables » est apportée. Cadre graphique : on trace la courbe d'équation $y = \sqrt{2x^2 - 3x + 1}$ L'attention d'E9 ayant été attirée sur l'interruption de la courbe, elle en déduit que f n'est pas définie sur $\mathbf{R}^+$. Trouver un nombre n'ayant pas d'image devient moins immédiat mais plusieurs pistes sont trouvées (cadre graphique ou VALUE ou TRACE).	