

TI Navigator : un réseau de calculatrices en classe animé par le groupe TICE Lycée de l'IREM d'Orléans¹

L'utilisation de la calculatrice reste une pratique solitaire tant pour l'élève que pour le professeur. Si quelques tentatives ont eu lieu pour jouer ou échanger des messages textes entre deux calculatrices, elles restent trop isolées pour espérer atteindre les portes de nos classes.

Pourtant, dans la classe, certaines situations de partage de données seraient simplifiées par l'utilisation d'un réseau : concaténations de données lors de simulations, envois de données (programmes, expressions de fonctions, listes, figures Cabri Jr...) sur l'ensemble des calculatrices de la classe, visualisation collective du travail individuel de nos élèves...

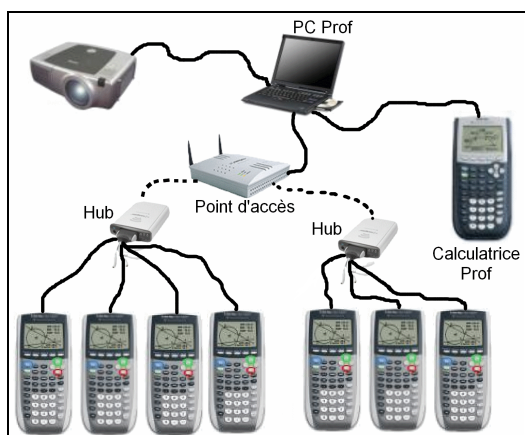
Jusqu'ici, la mutualisation de pratiques et de données obtenues par l'utilisation de calculatrices restait du domaine de l'impossible.

Il y a quelques années, la société **Texas Instruments** a développé un dispositif nommé **TI Navigator** -tournant sous Windows uniquement- permettant de faire fonctionner jusqu'à 32 calculatrices en réseau. Ce dispositif, en constante évolution, -distribué aux Etats-Unis et au Canada- est en phase d'expérimentation dans plusieurs pays d'Europe.

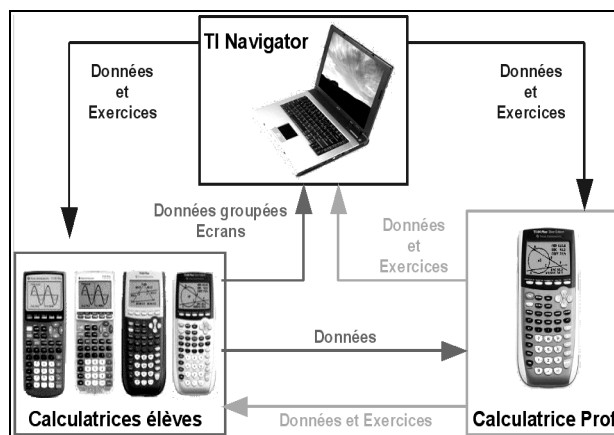
A une heure où la mutualisation et les échanges de données deviennent des acteurs incontournables de la construction du savoir, notre équipe de l'IREM d'Orléans s'est posé la question d'étudier les conditions d'intégration d'un tel outil dans nos classes.

1. Description du réseau de calculatrices

TI Navigator est un ensemble de matériels et de logiciels permettant de faire fonctionner en réseau des calculatrices *TI 83-Plus* ou *TI 84-Plus*.



Le dispositif **TI Navigator**



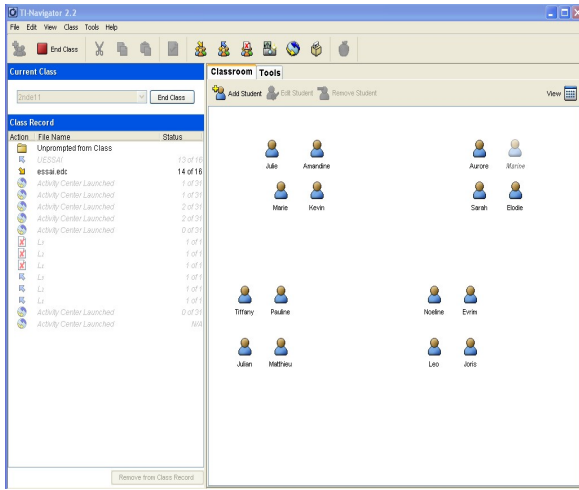
Les flux de données dans **TI Navigator**

Ce dispositif présente de nombreuses innovations techniques parmi lesquelles :

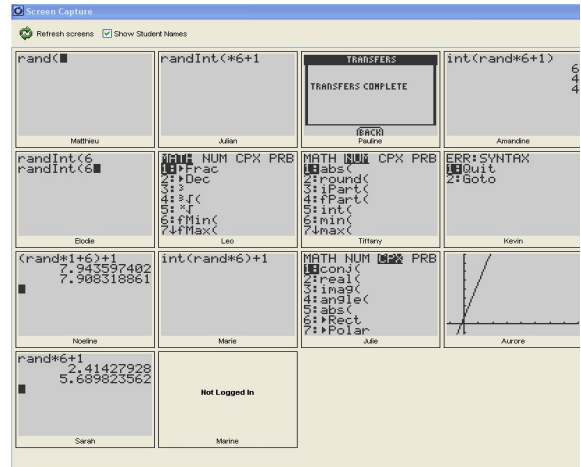
- la possibilité d'afficher publiquement -anonymement ou non- et en temps quasi réel l'ensemble des écrans des calculatrices des élèves,
- la possibilité pour l'ensemble des calculatrices de partager un même espace de travail en vue de la représentation de points ou de courbes représentatives de fonctions,
- la possibilité d'envoyer simultanément à tous les élèves le même programme, le même exercice, la même image...
- la possibilité de faire un rapide sondage dans la classe.

Ainsi, **TI Navigator** permet d'asseoir une pratique de classe sur une *production de classe* et plus uniquement sur une collection de productions individuelles. Ce dispositif suppose un renouvellement complet de l'organisation de la classe et des orchestrations qui y sont mises en oeuvre, à commencer par la disposition des élèves.

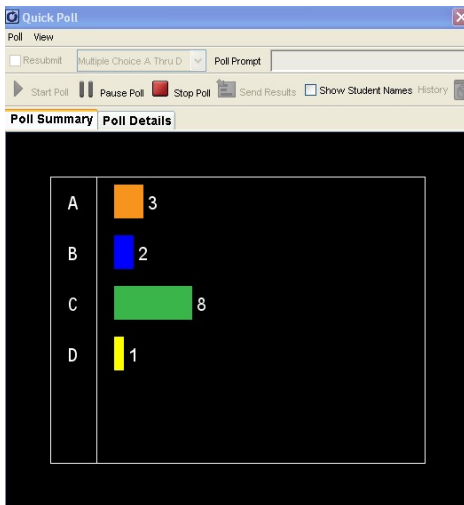
¹ <http://www.univ-orleans.fr/irem/groupe/tice/index.php>



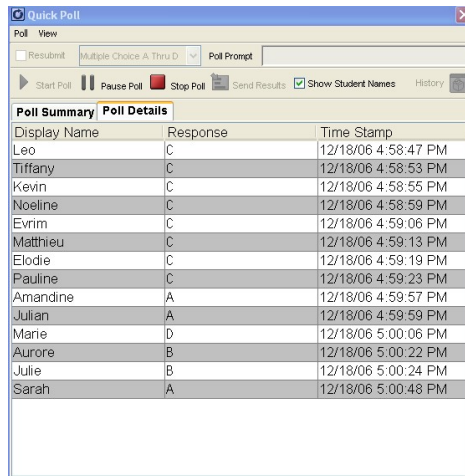
La connexion des élèves



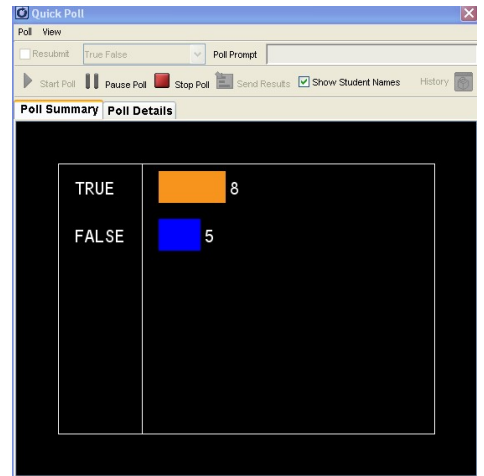
L'affichage des écrans anonymes ou non



Les résultats d'un rapide sondage



Sondage Vrai-Faux



2. Notre recherche

Depuis septembre 2005, dans le cadre d'un partenariat avec l'INRP, nous travaillons sur l'étude de l'intégration de ce dispositif. L'étude se poursuit durant l'année scolaire 2006/2007 dans le cadre des processus de genèse instrumentale¹. Nos hypothèses de travail sont :

H1 : l'intégration de ce nouveau dispositif dans la classe suppose un renouvellement profond des situations mathématiques et des *orchestrations* (Trouche 2005) assurant la gestion didactique des artefacts.

H2 : la mise en oeuvre raisonnée de ce dispositif favorisera une modification du rapport entre l'élève et le *groupe-classe*, facilitant l'émergence d'un débat entre pairs.

¹ Guin, Trouche et al : "Calculatrices Symboliques ; transformer un outil en un instrument du travail mathématique : un problème didactique" - La Pensée Sauvage édition

3. Quelques exemples de mise en place de TI Navigator et de ses différents modules

(a) Autour d'un QCM

TI Navigator permet l'élaboration d'exercices de type *Hot-Potatoes* : QCM, réponses à ordonner, textes à trous, questions ouvertes... Voici quelques éléments d'une activité proposée à des élèves de Terminale S.

Le professeur élabore un QCM dont il projette les questions par l'intermédiaire d'un rétroprojecteur ou d'un vidéo-projecteur.

Question 1

Soient 3 suites u, v, w .
 Pour tout entier naturel n positif on a : $u_n < v_n < w_n$.

Si la suite v tend vers moins l'infini alors :

- w tend vers moins l'infini
- u est majorée.
- u tend vers moins l'infini
- w n'a pas de limite

Question 2

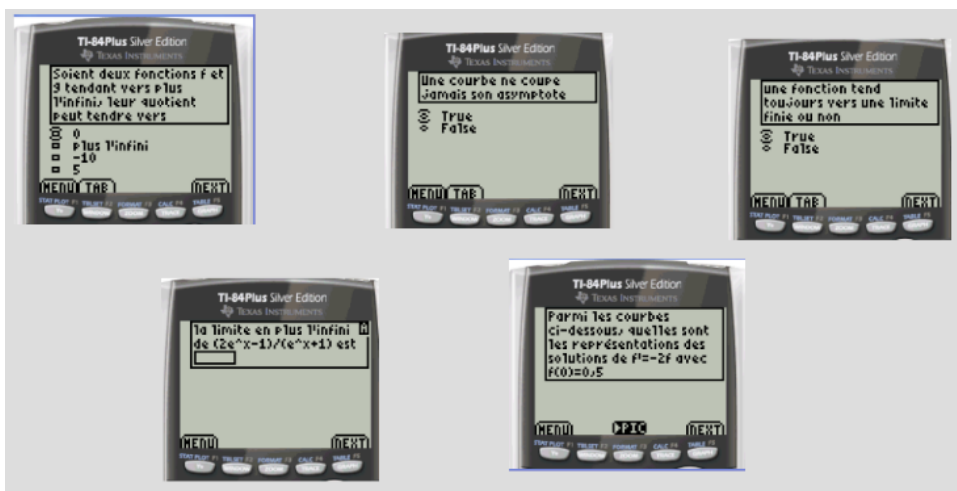
Soient 3 suites u, v, w .
 Pour tout entier naturel n positif on a : $u_n < v_n < w_n$.

Si pour tout entier naturel $n, u_n \geq 1$ et $w_n = 2u_n$ et si la suite u tend vers un réel L , alors :

- v tend vers L
- w tend vers plus l'infini
- $w - u$ tend vers L
- On ne sait pas si v a une limite

Exemples des questions proposées aux élèves

L'ensemble des réponses est saisi dans l'un des module de **TI Navigator** puis envoyé sur toutes les calculatrices élèves :



Captures d'écrans des questions apparaissant sur les calculatrices élèves

L'élève utilise alors les touches de sa calculatrice pour valider ou non les réponses qu'il choisit, avant de les envoyer sur le PC du professeur.

Celui-ci peut faire apparaître les résultats du groupe sous forme de diagrammes à bandes ou de tableaux de données par l'intermédiaire du module **Class Analysis**.

TI Navigator - Class Analysis

Assignment Title: essai (essai.edx, ESSA1)

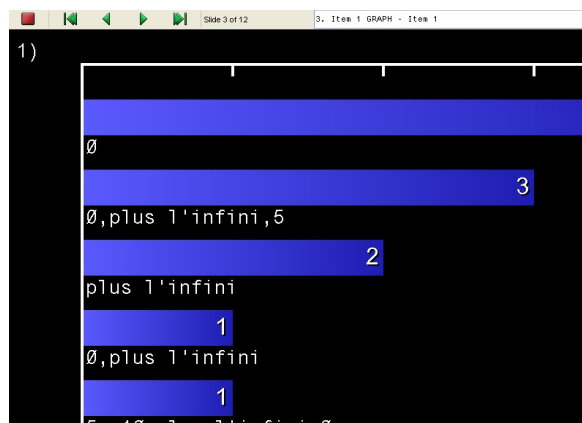
Class Summary: Student Item

Item: 1 - Item 1 (1 of 5)

Student	Student Response	Score
AURO	A,B,D	1,00
AURO	A,B	0,00
ELOO	B	0,00
JULIA	B,C,B,A	0,00
JULIB	A,B,D	1,00
LEVI	A	0,00
LEVO	A,B,D	1,00
MARE	A	0,00
ENEL	A	0,00
PAUL	A	0,00
SARAO	A,B,D	1,00
11 Students		0,00

1. Soient deux fonctions f et g tendant vers plus l'infini, leur quotient peut tendre vers

A. \emptyset
 B. plus l'infini
 C. $-\infty$
 D. 0
 Correct Response: A,B,D



Il est possible d'afficher publiquement -anonymement ou non- l'ensemble des réponses proposées par la classe ou encore la simple réponse d'un élève particulier. L'affichage peut alors faire l'objet d'un débat.

Quelques réflexions

Il est remarquable de constater que rapidement les élèves entrent dans un débat et *produisent* spontanément des contre-exemples, preuves, démonstrations...

L'efficacité du dispositif a été mise en évidence dans la production de débat mathématique dans la classe malgré le choix d'un thème -les suites numériques- où les élèves se sentent trop souvent peu à l'aise.

Lors des séances, de nombreux élèves n'ont pas hésité à *produire des mathématiques*, motivés par la volonté d'établir une argumentation recevable par leurs pairs.

L'élève devient là encore acteur de la construction de son savoir et de celui de ses camarades.

(b) Fenêtres multiples sur courbes¹

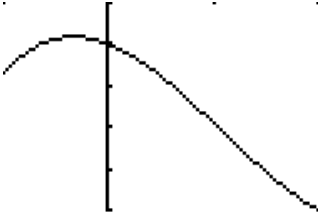
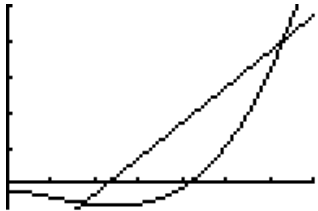
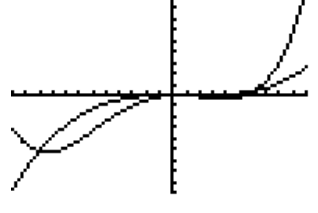
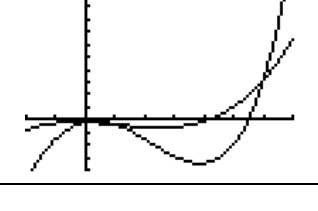
Ici le professeur propose à des élèves de Seconde un travail de fenêtrage afin de résoudre des équations de la forme $f(x) = 0$.

Pour éviter la fastidieuse et toujours périlleuse saisie des expressions des fonctions successives, **TI Navigator** permet d'envoyer aux élèves un ensemble de données comprenant :

- une liste d'équations dont chacune est ou non activée,
- les paramètres d'affichages.

Ces données sont stockées dans un unique fichier que les élèves peuvent ouvrir directement dans leur calculatrice. Là encore, le professeur peut afficher -anonymement ou non- les écrans des calculatrices qu'il aura choisi afin de suivre leur travail.

Quelques exemples de questions proposées aux élèves :

Énoncé	Allure de la courbe obtenue
On considère la fonction f définie sur \mathbb{R} par $f(x) = 4x^3 - 13x^2 - 10x - 20.$ On se propose de représenter graphiquement cette fonction sur l'intervalle $[-1; 1]$. Visualiser cette courbe sur l'écran de la calculatrice dans une fenêtre convenablement choisie.	
On considère l'équation $f(x) = 100x - 230$. Vérifier par une fenêtre graphique convenablement choisie que sur l'intervalle $[0; +\infty[$ cette équation admet au moins deux solutions dont on précisera les valeurs approchées	
On considère maintenant la fonction g définie sur \mathbb{R} par $g(x) = 4x^4 + 7x^3 + 50x - 20$ Visualiser par une fenêtre convenablement choisie les courbes représentatives de f et de g sur l'intervalle $[10; 12]$. Cette fenêtre permet de mettre en évidence une solution de l'équation $f(x) = g(x).$	
Visualiser ces deux courbes sur l'intervalle $[2; 7]$. La fenêtre obtenue permet de trouver une autre solution à l'équation précédente.	

Quelques réflexions

Dans cette activité, l'affichage public -et anonyme- des écrans permet à chaque élève de prendre pleinement conscience des différentes stratégies de fenêtrage et de s'appuyer sur les pratiques de ses camarades pour construire la sienne, *indépendamment du professeur*.

Cela est également l'occasion d'asseoir la stratégie de recherche de fenêtre sur l'analyse mathématique *par les élèves* de la situation et sur sa formulation face au groupe.

Là encore, l'élève assied la construction de son savoir sur une démarche active de construction.

(c) Tous pour un écran, un écran pour tous

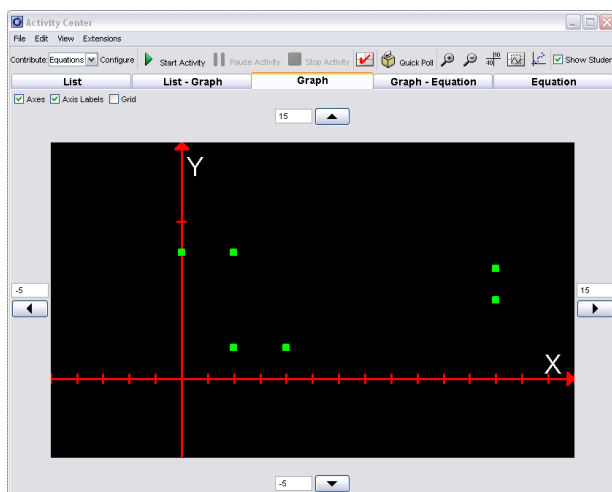
TI Navigator permet de partager un même plan repéré entre toutes les calculatrices connectées. Les élèves peuvent y construire directement depuis leur calculatrice des points, nuages de points, courbes, graphiques statistiques dans un espace commun. Ce dispositif permet d'envisager de nombreuses situations de recherches mutualisées

i. Une activité proposée à une classe de terminale ES

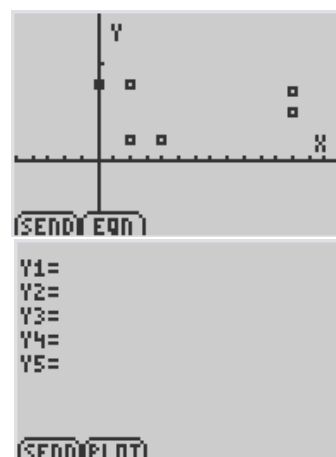
Le professeur propose aux élèves plusieurs couples de points et leur demande de construire une courbe passant entre les deux points de chacun des trois couples.

Au préalable, une activité similaire a été proposée avec un seul puis avec deux couples de points.

Les élèves saisissent l'équation qu'ils désirent proposer.



La fenêtre graphique de TI Navigator



Graphique et écran de saisie tels qu'ils apparaissent sur les calculatrices

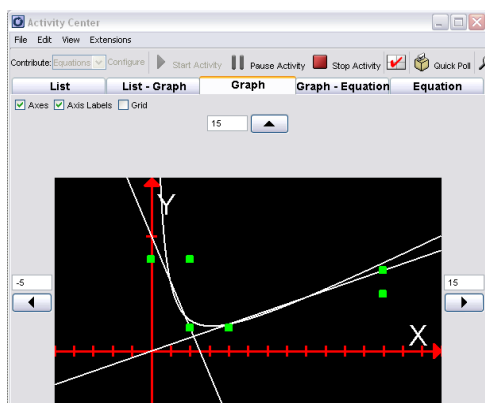
Le professeur peut à tout moment :

- paramétrer le nombre d'équations que chaque élève peut ou doit soumettre, l'autorisation ou non de modifier a posteriori les équations soumises, la possibilité pour l'élève d'avoir accès sur sa calculatrice au graphique de base,
- faire une pause ou arrêter définitivement l'activité à tout moment,
- afficher avoir accès aux écrans des élèves -anonymement ou non-,
- consulter en privé les recherches des élèves en n'affichant pas l'image du vidéo-projecteur.

Il est à noter que la suspension ou l'arrêt de l'activité bloque l'utilisation de la calculatrice dans le cadre de l'utilisation du réseau.

Ci-dessous, un exemple de graphes construits sur une fenêtre commune.

Quelques réflexions



Ici, il est remarquable de constater que dans une classe jugée apathique par l'ensemble des enseignants -dont le professeur de Mathématiques ;-) - l'activité de la classe a été intense et a débouché sur la production de fonctions mathématiques très complexes.

Ainsi de nombreux élèves n'ont pas hésité à proposer des fonctions composant exponentielles ou logarithmes et fonctions rationnelles !

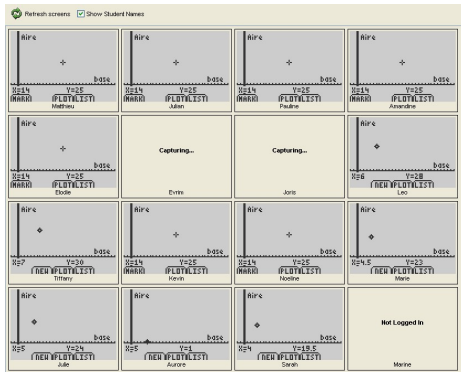
Là encore, les élèves ont su fabriquer des mathématiques en profitant de ce l'outil leur permettait d'exprimer.

ii. le triangle isocèle d'aire maximale

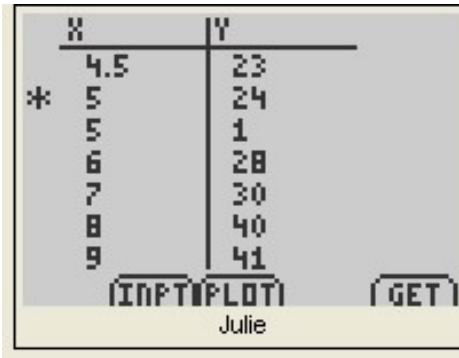
Nous avons testé ce dispositif d'écran partagé sur une situation classique d'introduction au chapitre sur les fonctions en classe de seconde :

« le triangle isocèle d'aire maximale : un triangle isocèle est tel que $AB=AC=10\text{cm}$. Quelle doit être la mesure de la base BC pour que son aire soit maximale. »

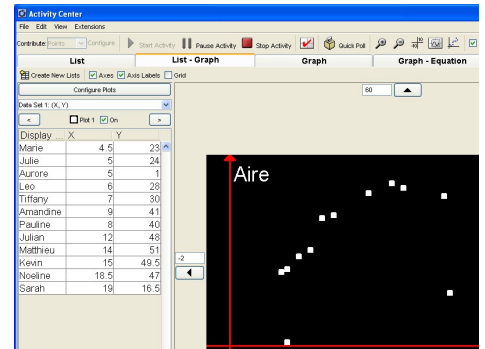
Après avoir visualiser la situation à l'aide d'un fichier Cabri, les élèves construisent des triangles de bases différentes et calculent ou mesurent son aire. On leur demande alors d'envoyer un point dont l'abscisse est la base et l'ordonnée l'aire. Afin de pouvoir placer le point les axes doivent être correctement réglés, la discussion s'ouvre sur le choix de la fenêtre.



Les élèves marquent leur points et l'envoient à l'écran



Ils ont accès sur leur calculatrice à tous les résultats de la classe, l'étoile correspond au point de Julie



L'écran partagé

Certains élèves refont leur calculs lorsqu'ils réalisent que leur point est « bizarrement » placé. Le professeur interroge alors les élèves : « est-ce que vous vous attendiez à cela ? ». Les réponses sont du type « non, les points ne sont pas alignés » « je ne vois pas où est le triangle »...

(d) La concaténation des données

Voici enfin un dernier exemple d'utilisation de **TI Navigator** : la concaténation de données.

Le dispositif permet -entre autre- de concaténer des séries de données stockées dans les *Listes* des calculatrices afin d'obtenir une unique série. On devine ici tout l'intérêt de ce dispositif dans l'étude des fluctuations d'échantillonnage.

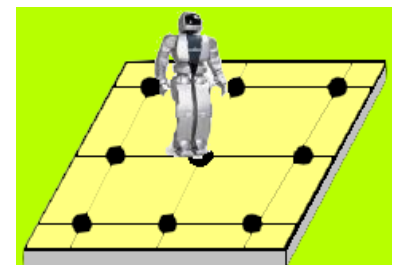
i. Un robot fluctuant

L'activité suivante¹ proposée à des élèves de Seconde

Un robot, placé au centre d'une table carrée se déplace suivant les règles suivantes :

- il ne peut suivre que les 4 directions indiquées par les lignes noires au sol,
- il s'arrête sur chaque point noir où il emprunte aléatoirement l'une des 4 directions qui s'offrent à lui.

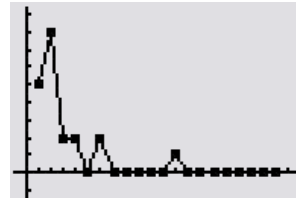
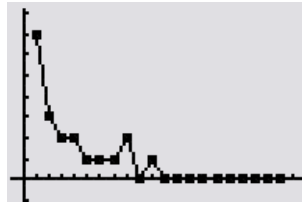
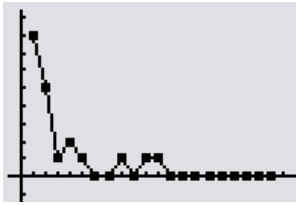
Quand le robot tombe de la table, la partie s'arrête et l'on compte le nombre de pas effectués avant sa chute. Je gagne la partie si le robot a effectué au moins quatre pas avant de tomber. Ai-je plus de chances de gagner que de perdre ?



Via **TI Navigator**, le professeur envoie à tous les élèves un programme simulant cette situation et permettant d'obtenir le polygone des fréquences en fonction du nombre de parties choisi.

En affichant les captures d'écran des élèves, on fait apparaître la fluctuation d'échantillonnage à taille d'échantillon constant :

¹ D'après une activité de M Rémy Coste, professeur de mathématiques au lycée Edmond Michelet Arpajon (91) et publiée dans la revue Hypothèses n° 17.



Répartitions de fréquences fournies par le programmes pour 20 parties
 Le point (3;2) est sur le graphique : cela signifie qu'à 2 parties sur les 20, le robot a fait 3 pas avant la chute

Les données sont stockées dans les *Listes* de chaque calculatrice. **TI Navigator** permet de les récupérer et de les concaténer en un seul couple de listes que l'on peut alors représenter et afficher publiquement.

On met en évidence la grande stabilité de la distribution des fréquences observée sur plusieurs échantillons de grandes tailles.

De tels échantillons (plusieurs centaines de parties) seraient difficilement accessibles sur une seule calculatrice pour des raisons de temps de calcul.

Ici, le dispositif permet de mettre clairement en évidence le phénomène étudié comme le ferait un tableur avec ici le fait d'utiliser un outil avec lequel les élèves sont familiarisés : leur calculatrice.

Par ailleurs, la nature même du problème incite les élèves à utiliser le programme en dehors du temps scolaire en se lançant des défis : "J'ai fait 13 pas avant de tomber !"

4. Conclusion

En dehors de ses capacités d'échanges, de partage et de mutualisation des données, le dispositif **TI Navigator** semble être un instrument permettant de favoriser de nouveaux et nombreux échanges au sein du groupe classe.

Il renouvelle la conduite de la classe sur deux points en particulier :

(a) Réorganisation spatiale de l'espace-classe

TI Navigator impose une réorganisation de l'espace-classe pour deux raisons :

- d'une part pour des contraintes matérielles : les calculatrices sont reliées à des répartiteurs par groupe de quatre,
- d'autre part pour faciliter la gestion des échanges entre les élèves et faciliter leur vision de l'affichage commun par le vidéo-projecteur. Ainsi, une disposition "radiale des tables" a-t-elle été éprouvée.

(b) Renouvellement des orchestrations

Les activités proposées aux élèves ont toutes mis en évidence plusieurs phénomènes.

- Apparition de nouvelles relations entre les élèves, entre les élèves et le professeur, et, fait nouveau, entre les élèves et le *groupe-classe*. La participation à l'élaboration d'un *savoir commun* par l'intermédiaire de l'affichage public des productions individuelles, loin d'être un repoussoir, semble plutôt les inciter à prendre part à la production collective et au débat.
- Renouvellement en profondeur du rôle de l'enseignant et des rapports qu'il met en place dans l'élaboration individuelle *et collective* de la connaissance mathématique. L'enseignant doit en particulier fortement réinvestir son *rôle social dans le débat mathématique* (Legrand *Repères* IREM n° 10)
- Apparition d'un nouveau partenaire dans la construction du savoir : *le groupe classe*, élément *perturbateur* mais également *régulateur* et *moteur* dans l'élaboration des vérités mathématiques énoncées par les élèves.

Nous n'en sommes qu'aux balbutiements de l'utilisation des outils de travail collaboratif dans la classe.

Pourtant, TI Navigator nous permet déjà de percevoir les modifications profondes qu'ils auront sur nos pratiques et leur portée dans l'activité des élèves, évolutions qu'il faudra anticiper pour tenter de réussir l'intégration de ces nouveaux outils.

L'entreprise est difficile et son succès passera inévitablement par des évolutions importantes de nos pratiques.