

Vers une mutualisation de l'usage de la calculatrice en classe

Laurent HIVON

Septembre 2006

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.

Pourtant, 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, une équipe de l'IREM Orléans¹.

L'article suivant propose quelques exemples de mise en place de TI Navigator et de ses différents modules.

1 Le groupe de recherche

Le groupe de recherche TICE-Lycée de l'IREM d'Orléans regroupe six professeurs de lycée. Ayant une longue expérience de l'usage des TICE en classe, notre groupe a déjà à son actif de nombreuses activités ainsi qu'un cédérom d'animation interactives (e-cureuil) disponibles sur le site de l'IREM Orléans².

Depuis septembre 2005, dans le cadre d'un partenariat avec l'INRP³, nous travaillons sur l'étude de l'intégration du dispositif de mise en réseau de calculatrices développé par la société Texas Instruments : TI Navigator.

L'étude se poursuivra durant l'année scolaire 2006/2007 dans le cadre des processus de genèse instrumentale (*Guin, Trouche et al : « Calculatrices Symboliques ; transformer un outil en un instrument du travail mathématique : un problème didactique »- La Pensée Sauvage édition*).

¹<http://www.univ-orleans.fr/irem/> s'est posée la question d'étudier les conditions d'intégration d'un tel outil dans nos classes

²<http://www.univ-orleans.fr/irem/>

³http://educmath.inrp.fr/Educmath/ressources/equipes_associees/navigator

2 TI Navigator en quelques mots

TI Navigator (voir FIG. 1 et 1) est un ensemble de matériels et de logiciels permettant de faire fonctionner en réseau des calculatrices TI 83-Plus ou TI 84-Plus.



FIG. 1 – 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.

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.

3 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 (exemples de QCM projetés, voir FIG. 3 et 4).

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



FIG. 2 – Dispositif

Des captures d'écrans des questions apparaissant sur les calculatrices élèves sont visibles aux FIG. 5, 6 et 7.

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**.

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.

4 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.

5 Fenêtres multiples sur courbes

Ici⁴ le professeur propose à des élèves de Seconde un travail de fenêtrage afin de résoudre des équations de la forme $f(x) = 0$.

⁴en hommage au célèbre Fenêtre sur Courbes de Sylviane Gasquet et Raymond Chezuville - CRDP de Grenoble

Question 1

Soient 3 suites u, v, w .

Pour tout entier naturel n positif on a : $u_n \leq v_n \leq w_n$.

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

FIG. 3 – QCM projeté - 1

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 et 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 choisies afin de suivre leur travail.

Quelques exemples de questions proposées aux élèves :

Exercice 1 (Voir FIG. 8). 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.

Exercice 2 (Voir FIG. 9). 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.

Exercice 3 (Voir FIG. 10). 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 $[-12; 10]$. Cette fenêtre permet de mettre en évidence une solution de l'équation $f(x) = g(x)$.

Exercice 4 (Voir FIG. 11). Visualiser ces deux courbes sur l'intervalle $[-2; 7]$. La fenêtre obtenue permet de trouver une autre solution à l'équation précédente.

6 Tous pour un écran, un écran pour tous !

TI Navigator permet de partager un même plan repéré entre toutes les calculatrices connectées (voir FIG. 11). Les élèves peuvent y construire directement depuis leur calculatrice des points, nuages de points,

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

FIG. 4 – QCM projeté - 2

courbes, graphiques statistiques dans un espace commun.

Voici l'exemple d'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 (voir FIG. 12, 13 et FIG. 14).

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,
- a 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.
- 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.

Ce dispositif permet d'envisager de nombreuses situations de recherches mutualisées (voir FIG. 15 pour un exemple de graphes construits sur une fenêtre commune).



FIG. 5 – Copie d'écran élèves - 1

7 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 que l'outil leur permettait d'exprimer.

8 Un robot fluctuant

Voici enfin un dernier exemple d'utilisation de TI Navigator : la concaténation de données⁵.

Le dispositif permet -entre autre- de concaténer des séries de données stockées dans les Listes des calculatrices afin d'obtenir une unique série.

⁵D'après une activité de M Rémy Coste, professeur de mathématiques au lycée Edmond Michelet Arpajon (91) et publiée dans la revue Hypothèses n° 17

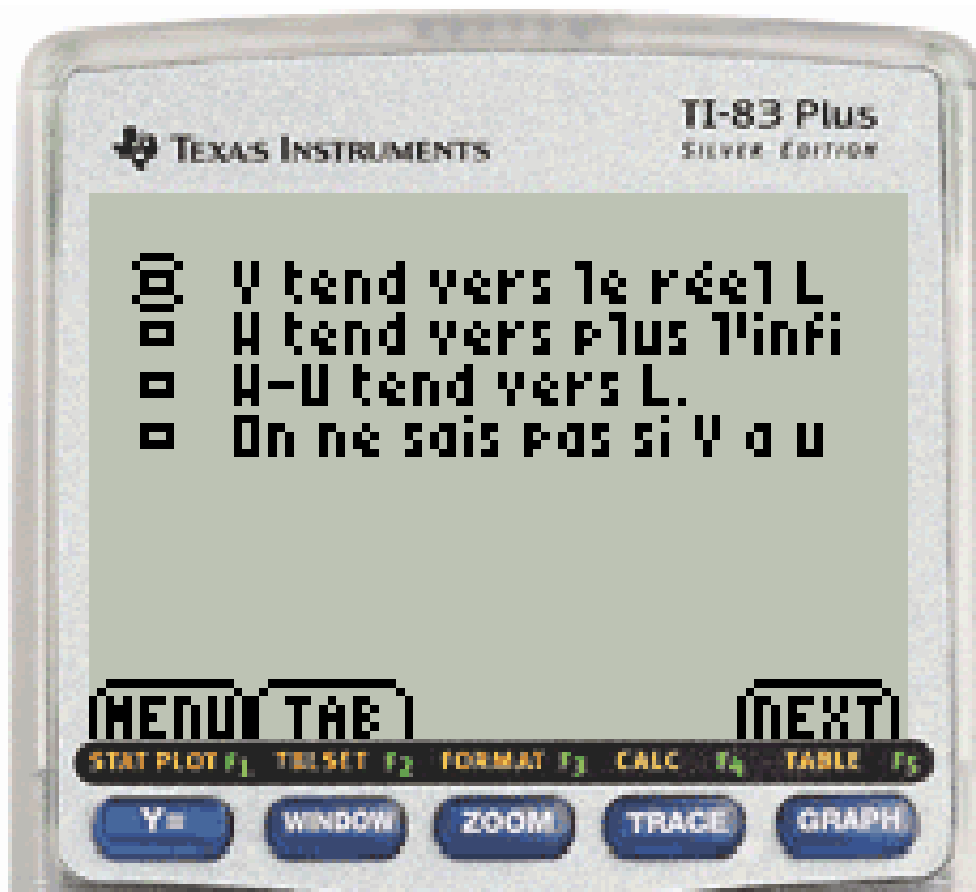


FIG. 6 – Copie d'écran élèves - 2

On devine ici tout l'intérêt de ce dispositif dans l'étude des fluctuations d'échantillonnage. C'est précisément ce thème qui est abordé dans l'activité suivante proposée à des élèves de Seconde .

Un robot, placé au centre d'une table carrée se déplace suivant les règles suivantes (voir FIG. 16) :

- 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 pour un nombre de parties choisi.

En affichant les captures d'écrans des élèves (voir FIG. 17, FIG. 18 et FIG. 19), on fait apparaître la fluctuation d'échantillonnage à taille d'échantillon constant :

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.

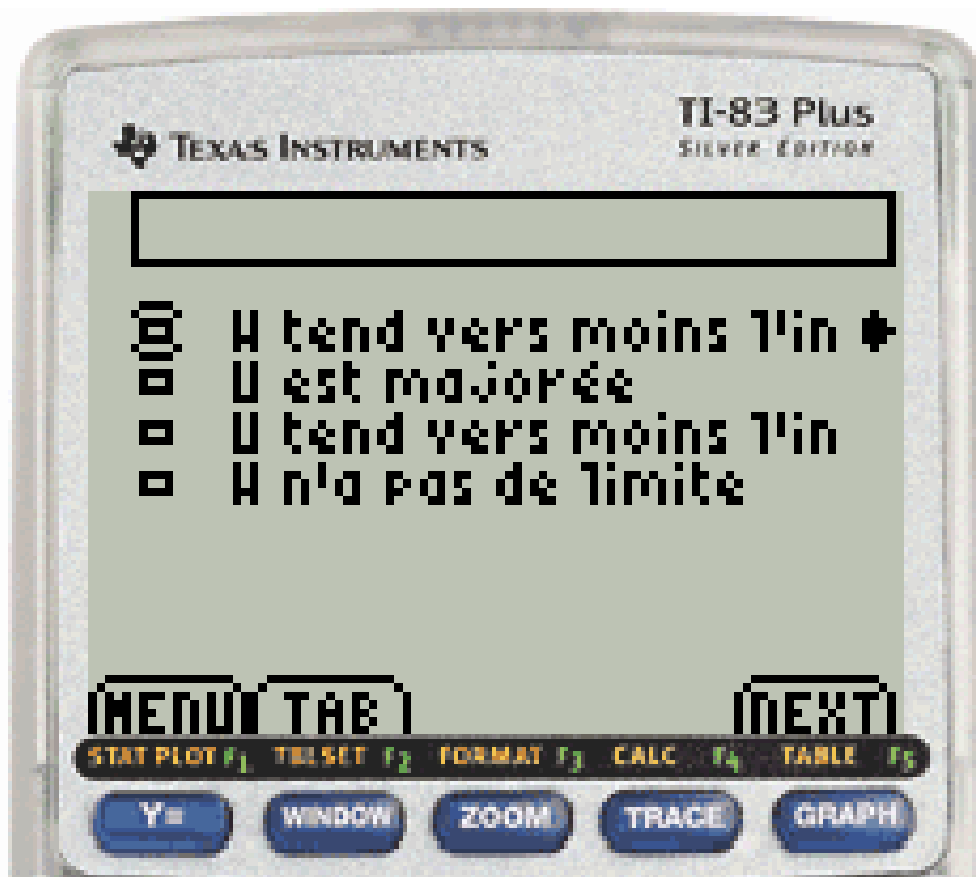


FIG. 7 – Copie d'écran élèves - 3

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! »

9 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 :

1. 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.
2. 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'inter-

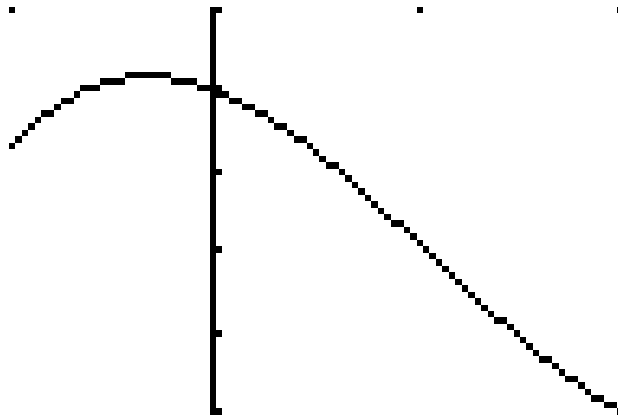


FIG. 8 – Visualisation exercice 1

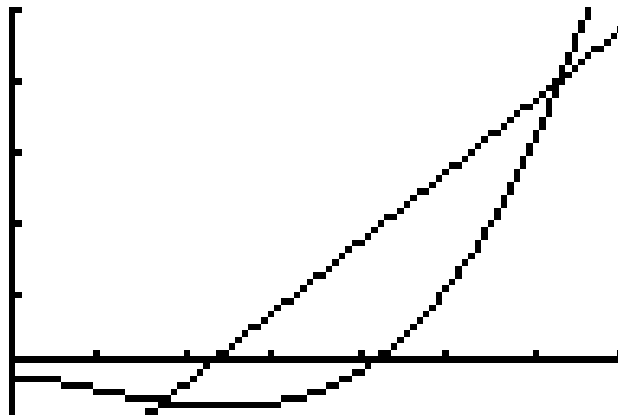


FIG. 9 – Visualisation exercice 2

médiaire 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 des nos pratiques.

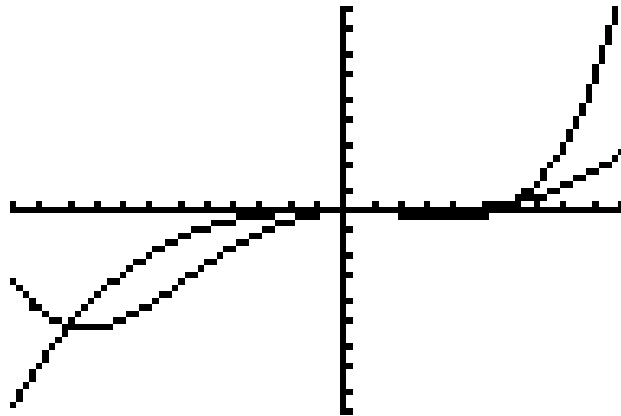


FIG. 10 – Visualisation exercise 3

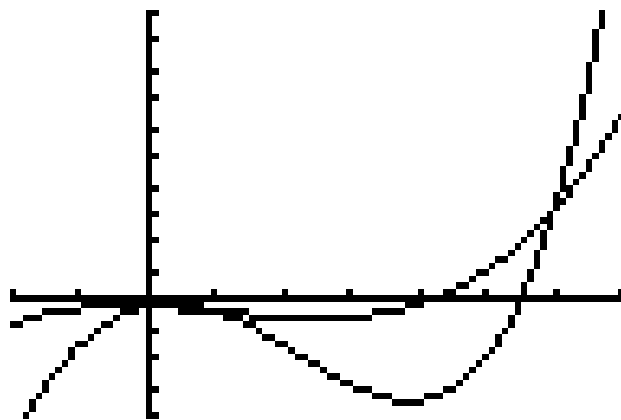


FIG. 11 – Visualisation exercise 4

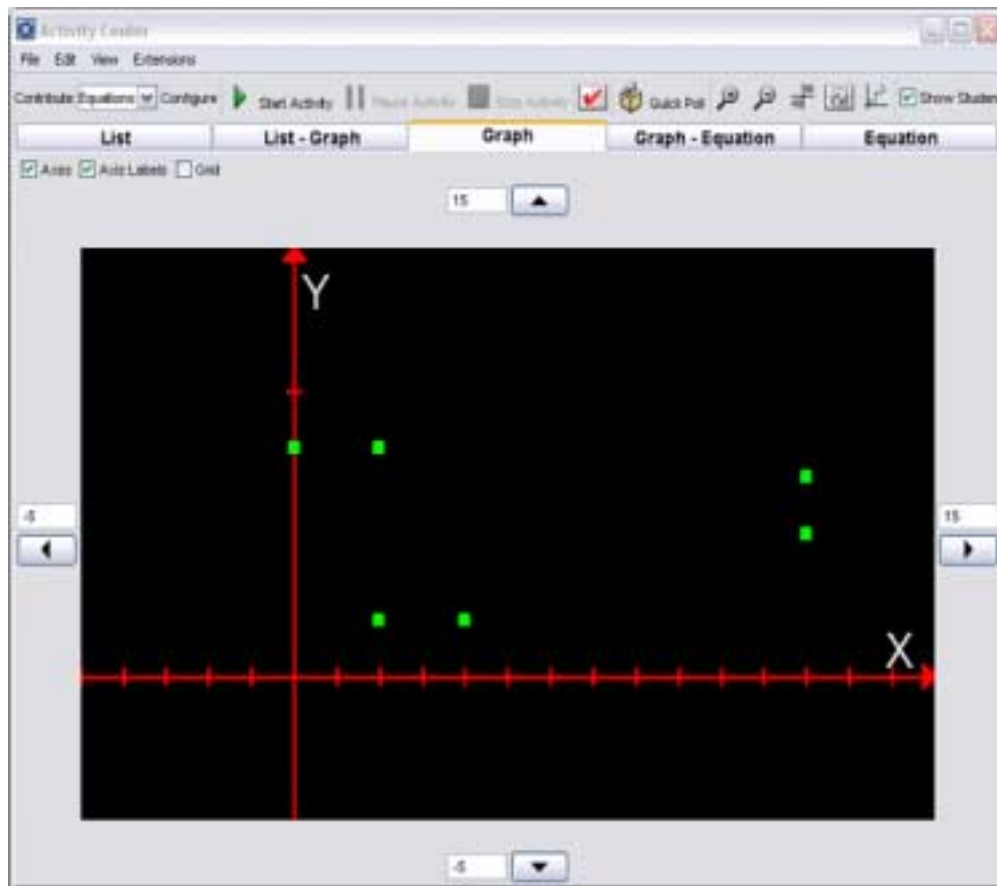


FIG. 12 – Fenêtre graphique TI Navigator

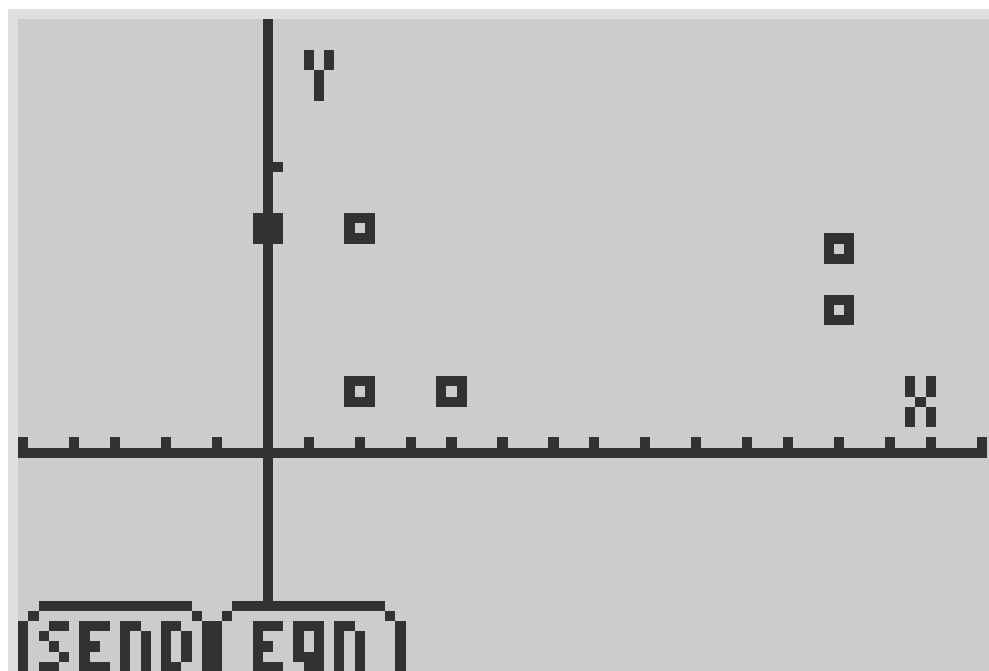


FIG. 13 – Graphique et écran de saisie tels qu'ils apparaissent sur les calculatrices - 1



FIG. 14 – Graphique et écran de saisie tels qu'ils apparaissent sur les calculatrices - 2

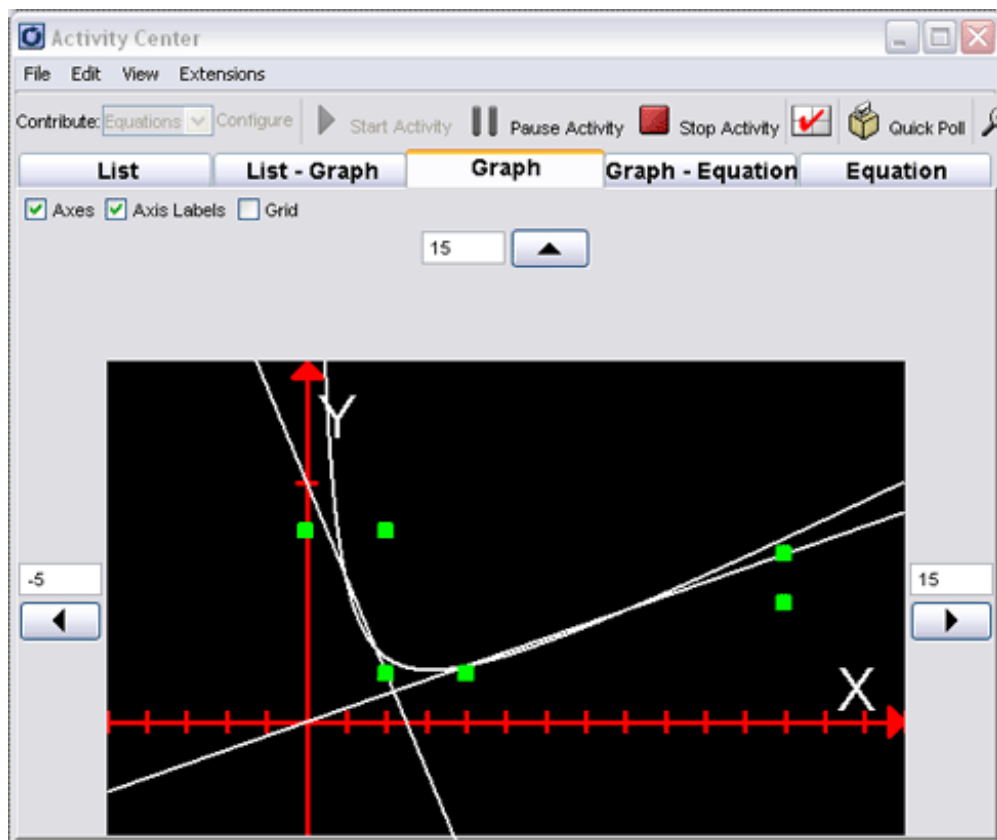


FIG. 15 – Graphes construits sur une fenêtre commune

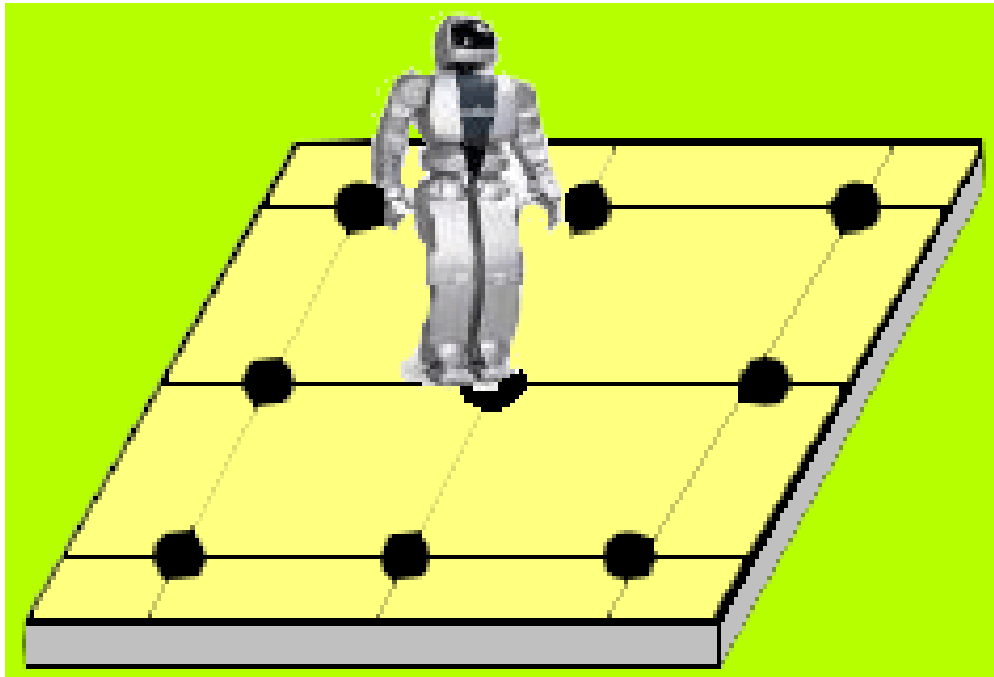


FIG. 16 – Robot fluctant

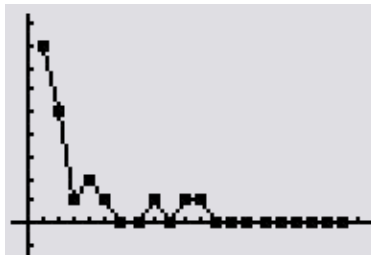


FIG. 17 – Répartitions de fréquences fournies par le programmes pour 20 parties - 1

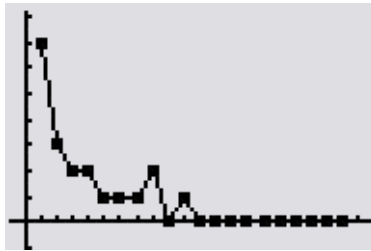


FIG. 18 – Répartitions de fréquences fournies par le programmes pour 20 parties - 2

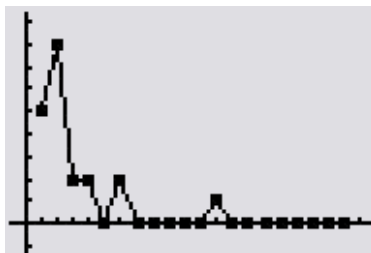


FIG. 19 – Répartitions de fréquences fournies par le programmes pour 20 parties - 3