

L'informatique à l'école

Pourquoi les professeurs de mathématiques n'auraient-ils pas, eux aussi, le droit d'utiliser ces "merveilles" que sont les ordinateurs ? Il existe pourtant de sérieuses raisons pour qu'ils le fassent !

■ Dans l'enseignement, les mathématiques sont le domaine le plus propice à une première rencontre avec l'informatique. Pour une somme modique, les matheux disposent d'un petit engin directement dérivé de l'ordinateur : l'xxxpoche. Cette machine mathématique travaille sur des nombres au moyen de fonctions. Ces nombres et ces fonctions peuvent être considérés de deux façons :

- comme des objets à analyser ;
- comme des outils.

Dans une perspective pédagogique, il est intéressant d'imaginer l'xxxpoche comme un atelier où l'on peut assembler et réassembler à volonté les fonctions offertes par la machine pour constituer des objets plus importants. L'expression "chantier mathématique" prend alors tout son sens.

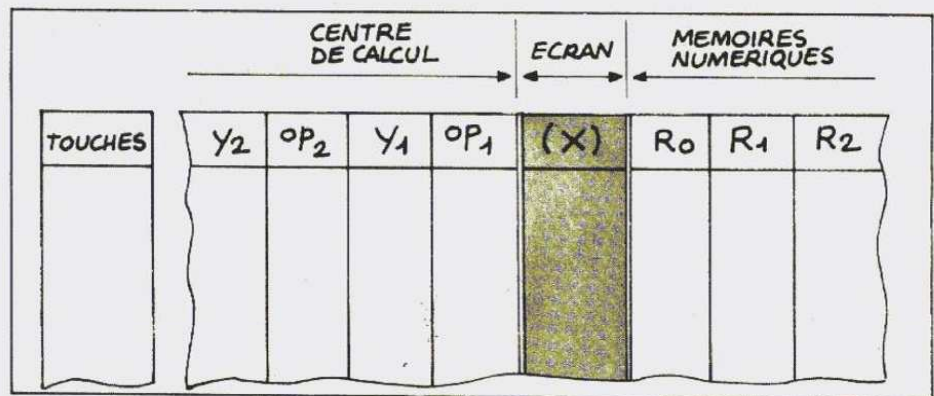
Depuis 1974, à l'E.N.N.A. de Paris-Nord (1) et sous l'égide du C.E.R.P.E.T. (2), nous avons intégré l'xxxpoche à l'enseignement des mathématiques. Nos objectifs principaux étaient d'habituer l'élève à **s'organiser** lors d'une recherche et de le conduire à **construire** des êtres mathématiques afin qu'il les explore et qu'il apprenne à **les utiliser**. Sur quelques exemples simples

(1) E.N.N.A. : Ecole Normale Nationale d'Apprentissage. Il en existe six en France. Leur rôle est de former les enseignants des Lycées d'Enseignement Professionnel.

(2) C.E.R.P.E.T. : Centre d'Etudes et de Recherche Pédagogique de l'Enseignement Technique. Subventionné de nombreuses recherches sur l'enseignement technique, et notamment notre expérimentation.



▲ Fig. 1 Bien comprendre les transmissions...



▲ Fig. 2 ... et les registres de la machine.

et grâce à une analyse rapide de l'xxxpoche, nous allons développer ces différents points.

— **S'organiser** : la logique implacable qui régit le fonctionnement des xxxpoches nous oblige à isoler les uns des autres tous les éléments d'un problème, à les définir sans ambiguïté et à les agencer dans une construction propre à conduire à la solution. Le calcul mental impose d'ailleurs les mêmes contraintes, mais il s'effectue d'une façon tellement "naturelle" qu'on ne s'en aperçoit pas.

Lorsqu'on nous demande de calculer $2+3$, nous devons, avant de répondre, mémoriser les nombres 2 et 3, calculer le résultat, le mémoriser, et enfin le communiquer par la parole ou par l'écrit.

Un xxxpoche ne fait pas autrement. Ses mémoires numériques conservent les nombres sur lesquels vont porter les opérations. Et son

affichage permet de communiquer les résultats. L'utilisateur d'une calculatrice se trouve donc dans l'obligation d'organiser les relations entre les trois éléments principaux de sa machine : mémoire, calcul, affichage (figure 1).

La machine obéit docilement et son état numérique se modifie en fonction des initiatives prises par l'utilisateur qui demeure, en fin de compte, le seul responsable de "ce qui se passe". Pour l'aider, on peut lui proposer des documents qui lui permettront de prévoir quelle sera l'évolution des nombres à l'intérieur de la machine. Nous avons conçu, quant à nous, le document de la figure 2.

A l'aide de trois exemples, nous illustrerons successivement la relation entre l'écran et la mémoire numérique, entre le centre de calcul et l'affichage, enfin la relation un peu plus complexe existant entre le

centre de calcul, l'écran et la mémoire numérique (figure 3).

La colonne centrale (n° 3) représente le contenu de la mémoire baptisée "x" où se trouve toujours rangé le nombre à l'affichage. A sa droite sont représentés les contenus successifs des mémoires 0 et 1. C'est l'utilisateur qui est directement responsable de ce qui s'y trouve. Sur la gauche, la colonne n° 2 représente l'opération en attente, c'est-à-dire celle que l'utilisateur a demandée. Dans la colonne n° 1, on peut voir les valeurs numériques que la machine mémorise temporairement dans des registres qu'elle gère elle-même.

TOUCHE
7
STOO
1
SUMO
RCLO
8
X
5
=
8
STO 1
X
4
SUM 1
RCL 1
=

1	2	3	4	5
Y ₁	op ₁	(x)	R ₀	R ₁
		7		
		7 →	7	
		1		
		1 -- ⊕ →	8	
		8 ←	8	
8	X ←	8		
8	X	5		
		40		
		8		
8	X ←	8	→	8
8	X	4		8
8	X	4		12
8	X	12	-- ⊕ →	12
		96	←	12

Fig. 3

Ordre et méthode

Dès qu'on est un peu familiarisé avec ce schéma, on voit que l'xxxpoche permet de découvrir et d'expliquer les méthodes de calcul qui, lorsqu'elles ne sont pas purement et simplement ignorées, demeurent plus ou moins intuitives, pour ne pas dire inconscientes. Nous avons noté chez nos élèves des progrès très sensibles tant en ce qui concerne la maîtrise des procédés de calcul que leur utilisation pour résoudre un problème. Contrairement à l'idée reçue, la calculatrice ne dispense pas de calculer, loin de là. Judicieusement utilisée, elle apprend à calculer.

— **Construire** : l'une des caractéristiques les plus riches de possibilités des xxxpoches est qu'ils permettent de bâtir des êtres mathématiques à partir de ceux dont ils disposent. D'une façon imagée, nous dirons qu'ils nous proposent à la fois des "briques" et les moyens de les agencer pour construire un édifice plus complexe. Ce nouvel édifice devient, au besoin, la "brique" qu'on intégrera dans un édifice plus important, et ainsi de suite.

C'est bien entendu le caractère programmable de l'xxxpoche qui autorise cette façon de construire. Nous allons suivre, sur un exemple simple, la construction évolutive d'un être mathématique à l'aide de ce système.

Les deux premières briques de l'édifice sont constituées par deux très courts programmes. Pour bien suivre la progression, mieux vaut les enregistrer sur un xxxpoche. Ils ont été réalisés pour une TI 57, mais leur adaptation à une autre machine ne devrait poser aucun problème. On

appuiera donc sur la touche *LRN* puis on entrera :

<i>Lbl 1</i>	<i>Lbl 2</i>
1	×
<i>SUM 0</i>	<i>RCL 1</i>
<i>INV SBR</i>	=
Fig. 4	<i>INV SBR</i>

Une nouvelle pression sur la touche *LRN* et la TI 57 quitte le mode de programmation. Désormais, à chaque exécution de *SBR 1*, la machine ajoute 1 au contenu de la mémoire n° 0 et elle affiche ce nouveau contenu. Avec le programme n° 2, elle multiplie le nombre affiché par la valeur contenue dans le registre n° 1, et elle affiche le résultat. On commande cette opération en enfonçant la touche *SBR* puis, c'est selon, 1 ou 2.

Pour le programme n° 2, il faut bien entendu ranger d'abord une valeur dans le registre n° 1, faute de quoi la calculatrice effectuera toujours une multiplication par zéro : les résultats seront monotones... Après avoir pressé 10 *STO 1*, *SBR 1* multiplie l'affichage par 10.

Nous disposons maintenant de deux briques. Une ou deux briques encore, et cela nous suffira pour bâtir des édifices plus importants dont certains seront gigantesques. En informatique, il est très facile de dupliquer une brique : un même programme peut être appelé à volonté.

1 - La machine compte : ajouter le programme suivant aux deux premiers : *Lbl 3 SBR 1 Pause GTO 3*, quitter le mode de programmation (touche *LRN*) et lancer l'exécution

en faisant *SBR 3*. La machine égrène la suite des nombres entiers. Son nombre de départ est celui qui était contenu dans le registre n° 0. Pour interrompre l'exécution, pressez longuement sur *R/S*.

Le programme n° 3 est représenté figure 5.

Ce programme utilise le programme n° 1 aussi longtemps qu'on le laisse fonctionner. Le programme n° 1 peut être exécuté 10 000, 100 000 fois (et bien plus encore).



Fig. 5

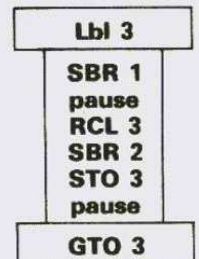


Fig. 6

Construisons maintenant un programme utilisant les deux premiers.

2 - Tables de multiplication : sous l'étiquette 3 (*Lbl 3*), on remplacera les anciennes instructions par *SBR 1 Pause SBR 2 Pause GTO 3*.

Pour utiliser ce nouveau programme :

- vider le registre n° 0 ;
- introduire le multiplicateur dans R 1 (exemple : 3 *STO 1*) ;
- faire *SBR 3*... et vous révises la table de multiplication par 3.

3 - Puissances d'un nombre : nouvelle modification du programme n° 3 qui devient *SBR 1 Pause RCL 3 SBR 2 STO 3 Pause GTO 3* (voir figure n° 6).



Fig. 7 ▲

- On l'utilisera ainsi :
- vider le registre n° 0 (0 STO 0) ;
 - introduire le multiplicateur dans R1 (exemple 5 STO 1) ;
 - Faire SBR 3, et vous lisez les puissances de 5 : 1,5... 2,25... 3,125... etc.

4 - Somme des puissances : Modifiez encore une fois le programme n° 3 : il vous suffit d'insérer SUM 2 avant la dernière ligne (voir figure n° 7).

Faites 1 STO 3 STO 2 et lancez l'exécution (SBR 3). L'affichage évolue de la même façon, ce sont

encore les puissances de 5. La seule différence, c'est que ces puissances successives sont additionnées en R2 — c'est l'instruction que vous venez d'insérer. Après avoir arrêté le programme (touche R/S), vous n'aurez qu'à rappeler R2 (RCL 2) pour voir s'afficher la somme des puissances : 1 + 5 + 25 + 125 + 625, etc.

Avant de commencer, penser à introduire 1 dans R2 (1 STO 2).

5 - Somme des puissances avec affichage progressif : Modifiez le programme précédent en supprimant les pauses intermédiaires et en

OPINIONS

Pourquoi nous croyons aux calculatrices à l'école

■ L'informatique à l'école ? Tout le monde en parle. Pas une semaine sans qu'un hebdomadaire y consacre plusieurs pages. Et pourtant, bien malin qui pourrait prévoir ce qu'elle sera.

D'une façon générale, le public ignore tout sur une question qui nous paraît primordiale : va-t-on introduire à l'école l'informatique ou l'ordinateur ? Autrement dit, s'agit-il d'exploiter un matériel nouveau (et dont les performances sont remarquables) ou d'apprendre un nouveau langage, porteur de pensée logique, et de permettre aux élèves de s'exercer à la rigueur du raisonnement informatisé ? Quand on entend parler de former les enseignants en quatre stages de trois jours, on croit pouvoir conclure que la première solution a été retenue.

Jamais pourtant depuis l'avènement de l'imprimerie les découvertes technologiques n'avaient ainsi bousculé l'Ecole dans ses fondements. Le délai, autrefois très long, qui s'écoulait entre une découverte scientifique et sa mise en application se trouve désormais réduit à quelques années. Cette rapidité est appréciée (ou du moins supportable) quand ces progrès concernent le confort physique de l'individu. Ce qui est nouveau et désagréable, c'est que ces découvertes intéressent ce qui était jusqu'à ce jour le domaine réservé de l'Ecole : la formation de l'esprit.

Ces machines prétendent enseigner, elles proposent de nouveaux moyens de raisonner, enfin et surtout elles exercent leurs "talents" dans tous les domaines de l'activité humaine, y compris les jeux et les arts où l'homme pensait avoir une exclusivité.

Grâce au semblant de dialogue dont ils sont capables, les ordinateurs miment également les relations sociales. L'utilisateur s'isole avec son système, il joue avec (ou contre) lui, il se fait "comprendre" de sa machine : il est seul. En se contentant de cette communication ne risque-t-il pas de délaisser un peu les échanges plus difficiles mais plus chaleureux qu'il peut avoir avec ses semblables ?

Contre tous ces dangers, et bien d'autres, il faut que l'Ecole se secoue et essaie de déterminer clairement des objectifs. Jusqu'à présent, certains organismes (IREM (1), APMEP (2), etc.) font des expériences variées et organisent de nombreux colloques sur le sujet. Ces réunions attirent généralement un grand nombre d'enseignants inquiets à la recherche d'informations qu'ils n'ont trouvées nulle part.

Certains lycées vont être équipés : en 1986, un lycée sur deux disposera de huit machines. Tout ceci est très lent et très insuffisant. Le risque de trouver en l'an 2000, après la prolifération des ordinateurs, une popu-

lation analphabète au regard de l'informatique doit faire réfléchir.

La calculatrice programmable est à la portée de tous grâce à son prix et à sa facilité d'utilisation. Elle permet à chacun de se faire une première idée sur les ordinateurs. Bien utilisée en classe, elle peut devenir un outil très efficace pour la formation des élèves et susciter un désir accru de communication entre les individus.

Durant notre expérimentation à l'E.N.N.A., nous avons constaté chez les élèves un progrès très net dans l'expression écrite et parlée. Les professeurs de mathématiques devraient donc aider les élèves à utiliser cet instrument extraordinaire. S'ils ne le font pas, qui le fera ? Faut-il se résigner à laisser les calculatrices faire leur entrée clandestinement et causer tous les dégâts dont elles sont capables quand elles sont mal utilisées ou qu'elles sont perçues comme des machines mystérieuses ?

□ Roger Didi et Marc Ferrant

(1) I.R.E.M. : Institut de Recherche de l'Enseignement des Mathématiques. Ces instituts dépendent des universités : ils regroupent des professeurs de mathématiques du Secondaire et du Technique. Leurs publications sont nombreuses et recouvrent tous les domaines de l'activité mathématique. Ce sont des lieux privilégiés de rencontres et d'échanges pour les enseignants.

(2) A.P.M.E.P. : Association des Professeurs de Mathématique de l'Enseignement Public. Regroupe la majorité des professeurs de mathématiques, publie une revue mensuelle et organise des colloques.

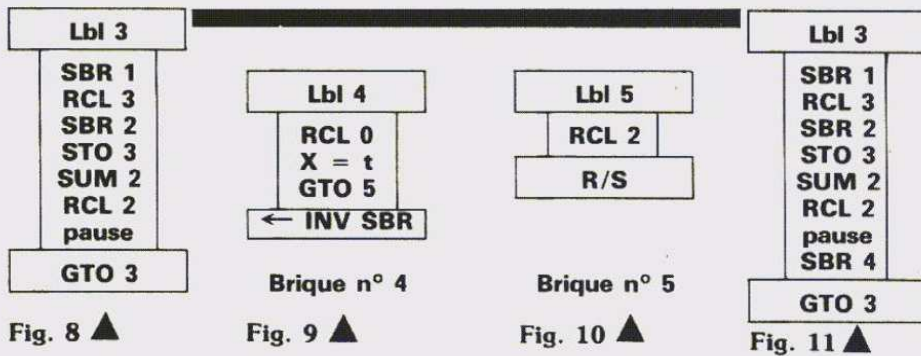


Fig. 8 ▲

Fig. 9 ▲

Fig. 10 ▲

Fig. 11 ▲

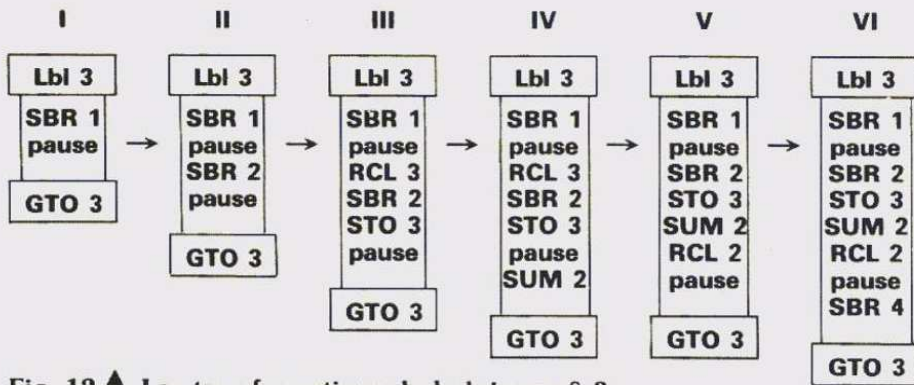


Fig. 12 ▲ Les transformations de la brique n° 3.

commandant l'affichage momentané de la valeur contenue dans le registre n° 2 à chaque boucle (voir figure n° 8).

Même utilisation que précédemment, mais vous lisez maintenant au fur et à mesure la somme des puissances de 5.

6 - Somme des puissances avec arrêt automatique : Nous allons maintenant ajouter deux briques à notre édifice : la brique n° 4 pour un test conditionnel (on surveille le nombre de puissances successives additionnées) et la brique n° 5 qui arrêtera les calculs au moment que nous aurons prévu et affichera le résultat final (voir figure 9 et 10).

Le programme n° 3 devient maintenant celui de la figure 11 :

L'instruction insérée (*SBR 4*) déclenche le test : le programme n° 4 vérifie que l'on n'a pas atteint le résultat qu'on recherche. Si la réponse est positive, un branchement s'effectue sur le programme n° 5 qui affiche ce résultat et arrête la machine. Après avoir inséré *SBR 4* dans le programme n° 3, vous enregistrez à la suite les programmes n° 4 et 5. Rappelons le mode d'emploi de ce programme :

- vider le registre 0 (*0 STO 0*) ;
- introduire le multiplicateur dans R 1 (par exemple *5 STO 1*) ;
- introduire 1 dans R 2 et R 3 (*1 STO 2 STO 3*) ;
- introduire le nombre de termes

dans R 7 qui est, sur la TI 57, le registre de test (par exemple *10 STO 7*) ;

- faire *SBR 3*.

Vous lisez maintenant la suite des sommes des puissances de 5 jusqu'à la dixième qui demeure à l'affichage.

Nous avons choisi cet exemple parce qu'il nous a paru bien mettre en lumière l'intérêt pédagogique qu'il y a à étudier la genèse d'un programme. La méthode que nous avons choisie nous permet de nous arrêter à toutes les étapes de la construction. La figure n° 12 nous montre l'évolution du programme n° 3. Les briques n° 1 et 2, selon qu'elles font partie de tel ou tel édifice permettent d'obtenir des résultats totalement différents.

Dans cette construction évolutive, on doit donc connaître parfaitement le fonctionnement des programmes n° 1 et 2 et déterminer clairement l'objectif qu'on se fixe. De plus, cette méthode présente un avantage qui, d'un point de vue pédagogique, nous paraît très important.

En effet, elle procure à celui qui l'applique la satisfaction d'avoir réalisé un être qui fonctionne exactement comme il l'avait prévu, preuve qu'il maîtrise les règles de fonctionnement de cet être. Cette satisfaction encourage, et elle incite à chercher plus loin, créant ainsi la motivation indispensable pour l'étude des mathématiques.

Dans les classes de L.E.P. (3) où nous expérimentons cette méthode, nous obtenons souvent des élèves qui deviennent **demandeurs** des notions mathématiques dont ils ont besoin pour résoudre les problèmes qu'ils se sont posés, et non pas ceux qu'on leur impose ! La relation entre le professeur et l'élève s'en trouve profondément modifiée : le professeur apporte à l'élève la connaissance dont il a lui-même compris qu'elle lui manque.

— **Utiliser :** Dès que l'on s'est habitué à l'xxxpoche (et c'est assez rapide) la programmation devient facile. On construit de nouveaux êtres mathématiques, et la curiosité s'oriente alors vers l'étude de ces êtres.

Un enfant peut utiliser le programme n° 1 pour mieux appréhender la suite des nombres entiers. Le programme n° 2 lui "récitera" les tables de multiplication. En observant la suite des multiples d'un nombre, il remarquera certaines propriétés et s'interrogera. Un peu plus âgé, il explorera les puissances d'un nombre. Puis il pourra se familiariser avec des notions comme celle de limite.

Ainsi, s'il introduit 0 en R 0, 1 en R 2 et R 3, 100 dans le registre de test (R 7) et 0,8 en R 1, après *SBR 3*, il verra l'affichage se rapprocher de 5 pour s'y fixer enfin. S'il place 0,5 en R 1, l'affichage se fixera sur 2. Mais avec 3 en R 1, il verra le nombre à l'affichage augmenter continuellement. Il se demandera le pourquoi de la chose, formulera une hypothèse, et demandera à un mathématicien s'il a raison.

En mathématique, la recherche a toujours eu une base intuitive. C'est dans une seconde phase que la déduction infirme ou confirme. Les conditions de l'enseignement des mathématiques ont pratiquement éliminé cette part intuitive de la recherche pour imposer la seule déduction, peu motivante pour certains.

L'xxxpoche permet de rendre à l'intuition sa place originale dans la recherche. Les déductions viennent ensuite... logiquement.

□ Roger Didi et Marc Ferrant

(3) L.E.P. : Lycée d'Enseignement Professionnel.