2
DANS NOS CLASSES

Que nous apprennent les erreurs de nos élèves ?*

par Alain Bouvier, Université Lyon 1

I — LES NOMBRES POUR NOS ELEVES.

Récemment, au cours d'une conversation, Jeanine Rogalsky rapportait ceci. A une étudiante de première année d'université, elle demanda ce que vaut :

$$0{,}3333.... + 0{,}6666....$$

Elle obtint pour réponse 0,9999...

"A-t-on 0,3333... + 0,6666... = 1 ?"

"Non" répondit l'étudiante".

"Que valent 1/3 + 2/3 ?" continua-t-elle. Et l'étudiante de répondre que cette somme vaut 1.

"A-t-on 0,3333... = 1/3 ?" Réponse : oui.

"A-t-on 0,6666... = 2/3 ?" Réponse : oui.

"Alors ?" insista-t-elle pour l'inciter à comparer ses deux réponses. L'étudiante conclut :

"Eh bien, peut-être que 1/3 + 2/3 n'est pas égal à 1".

Qu'est-ce qu'un nombre pour cette étudiante ? Finalement, *qu'est-ce qu'un nombre pour nous ? Et surtout :*

Qu'est-ce qu'un nombre pour nos élèves ?

Comme ces étudiants, pour toute notion mathématique, chaque élève n'a-t-il pas dans sa tête son propre "nombre-variable", sa propre notion de nombre, différente d'un élève à l'autre et distincte de la nôtre ?

Comment en tenir compte dans notre enseignement ?

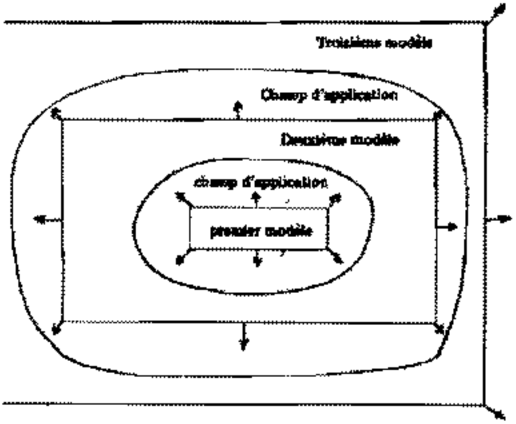
Les travaux de Laurence Viennot [11] en physique ont montré l'existence chez les élèves et chez les adultes de *modèles spontanés*, différents

* Extraits d'un article publié dans *Sans tambour ni trompette* N° 28.

des modèles théoriques. Après des apprentissages supposés faire acquérir de nouveaux modèles aux élèves, les modèles spontanés demeurent, cohabitent avec les modèles appris et conservent leur champ d'application ; les nouveaux modèles ne semblent spontanément utilisés que dans des situations nouvelles, rappelant la situation d'apprentissage..

L'acquisition de modèles théoriques, ou plus généralement de nouveaux modèles, ne détruit pas chez l'élève, ni chez l'adulte, les modèles qu'il utilisait jusque-là avec succès, même si ce succès n'est qu'apparent. S. Papert qui travailla longtemps avec Piaget développe ceci dans [7]. Il écrit, en particulier :

"L'apprentissage, pour chacun de nous, se fait en construisant, en explorant, en élaborant des théories ; mais la plupart de ces belles théories élaborées dans notre âge tendre "pour nous faire la main", nous devons plus tard les abandonner. Tant que nous n'en sommes pas au stade de la conservation, nous apprenons sans peine à construire des théories et à les mettre à l'épreuve, parce qu'à cet âge, tout simplement, on permet aux enfants, durant quelques années, d'avoir des opinions "aberrantes", sur la notion de quantité notamment. Et leur cheminement d'apprentissage spontané inclut des "théories erronées", qui sont aussi riches d'enseignement, en matière d'élaboration de théories, que le sont celles qui se révèlent exactes. Mais notre système éducatif, sitôt qu'il entre en scène, rejette ces théories "fausses", rejetant par conséquent la façon dont les enfants apprennent réellement. Et il rejette encore les découvertes qui soulignent l'importance du cheminement d'apprentissage qui passe par les théories fausses. Piaget a démontré que ces fausses théories qu'élaborent les enfants leur sont nécessaires pour apprendre à penser. Les théories non orthodoxes des jeunes enfants ne résultent pas d'une quelconque faiblesse ou d'un vide cognitif, elles sont plutôt un moyen pour eux d'assouplir leurs facultés cognitives, de développer en s'entraînant leur aptitude à la construction de théories plus orthodoxes".



En début d'année scolaire, lorsque nous affirmons que *nos élèves ne savent rien*, ne s'agit-il pas de notre part de justifier un enseignement supposé s'adresser à un terrain vierge ? De nier chez nos élèves le fonctionnement de tout modèle ?

Quels sont les modèles de nos élèves ?

Comment les détecter ? Comment les cerner ? Et ensuite, comment en tenir compte ?

II — LES THEOREMES - ELEVES

Longtemps on a pu croire que les "erreurs" commises par nos élèves provenaient de réponses au hasard ; on parlait souvent "d'erreurs d'étourderie". Aujourd'hui, on sait qu'il n'en est rien, que dans beaucoup de cas l'élève répond en faisant fonctionner des "théorèmes". Bien que faux pour l'enseignant que nous sommes, et non explicités chez l'élève (dans la plupart des cas), ces théorèmes-élèves ont pour l'élève le *statut* de théorèmes. Ils lui permettent *d'apporter une réponse* aux questions posées.

Tous les enseignants connaissent de nombreux théorèmes-élèves. Pour illustrer notre propos, citons-en quelques-uns ici.

* Pour un élève de terminale :
  - une courbe a toujours une asymptote, une branche asymptotique ou des points d'inflexion,
  - $\lim\limits_{x \to +\infty} x \sin \frac{\pi}{x} = 1$, parce que les limites avec x et sinus sont toujours égales à 1.
* Pour un étudiant de DEUG :
  - la série de terme général (quelque chose)^n est une série géométrique ;
  - la série de terme général $1/n^2$ converge parce que $1/n^2$ tend vers zéro.
* Pour un élève de sixième :
  - deux ensembles sont toujours comparables pour l'inclusion.

Dans chacun des cas précédents, d'où vient le théorème-élève employé ? Pourquoi est-il *plus économique* pour chaque élève d'utiliser son théorème-élève que de s'approprier un théorème-professeur ?

Il ne faudrait pas croire que l'utilisation de théorèmes-élèves ne se pratique que dans nos classes. Tout au long du développement des mathématiques, on en rencontre chez les mathématiciens. Récemment, G. Glaeser [4] a étudié comment, du XVI^e jusqu'au XIX^e siècle, c'est-à-dire sur plus de trois cents ans, *la règle des signes* a émergé, s'est développée, a acquis certains champs opératoires, pour en arriver à sa forme actuelle. En étudiant de près les textes, Glaeser a mis en évidence des affirmations de mathématiciens de premier plan (comme Euler) que l'on considérerait aujourd'hui, non seulement comme inexactes, mais comme faisant partie des "erreurs" que l'on sanctionne sévèrement dans une copie de quatrième ou de troisième. En nous citant chaque exemple, Glaeser ne pouvait s'empêcher d'ajouter : "recalé au brevet". Ainsi, pour ne donner qu'un seul de ces exemples, L. Carnot (1723-1823) pensait que

$$\frac{1}{-1} \neq \frac{-1}{1}$$

car 1 étant supérieur à -1, dans la première fraction, le numérateur est supérieur au dénominateur, alors que ceci est l'inverse dans la seconde.

Quel était ici le théorème-élève employé par Carnot ? Et que dirions-nous aujourd'hui à nos élèves de quatrième ou de troisième qui nous proposeraient un tel raisonnement ?

Plus généralement, que nous apprennent l'histoire des mathématiques et l'épistémologie ?

Il vous vient certainement à l'esprit de nombreux théorèmes-élèves. Comment les avez-vous détectés ? Comment en avez-vous tenu compte ?

De quoi les théorèmes-élèves sont-ils révélateurs ?

III — LES AUTOMATHISMES

Vous vous souvenez certainement de cette enquête désormais classique, menée par l'IREM de Grenoble [5] sur des enfants de l'école élémentaire à qui l'on posait la question :

"Sur un bâteau se trouvent 20 chèvres et 15 vaches. Quel est l'âge du capitaine ?".

Au cours élémentaire, cette enquête montrait que 74 % des élèves répondent 35 ans *sans exprimer de doutes* sur leur réponse.

Citons d'autres exemples, pris à des niveaux d'enseignement divers, qui révèlent des comportements analogues chez des élèves ou des étudiants au niveau secondaire et supérieur.

• A des étudiants préparant le CAPES, c'est-à-dire ayant passé avec succès 4 ou 5 ans à l'université, on a demandé d'étudier l'intégrale :

$$\int_0^1 \frac{2x\,dx}{(2x^2-1)^2}$$

Sur 58 répondants, les résultats sont les suivants :

$= -1$	32
divergente	15
non réponse	11

Ne discerne-t-on pas clairement ici ce que Stella Baruk [1] et [2] appelle des *automathismes* ? Sur cet exercice du niveau de première année de DEUG, 55 % des étudiants interrogés se sont livrés à un calcul *mécanique* sans se demander s'il avait le moindre sens.

• Une étudiante de première année de DEUG n'arrivait pas à voir son erreur dans la détermination des coefficients A, B, C, D, E d'un polynome vérifiant

$$(A + B)x^3 + (C - D)x^2 + Ex + D = 5$$

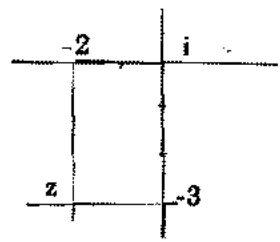
après avoir pris connaissance d'un corrigé proposant d'autres résultats que ceux qu'elle avait trouvés. Je lui demandais de me montrer son raisonnement. Elle écrivit :

$$\left\{\begin{array}{l} A + B = 0 \\ C - D = 0 \\ E = 0 \\ D = 5 \end{array}\right.$$

D'où elle déduisit, en continuant *mécaniquement* de la même façon :

$$A = B = 0 \quad \text{et} \quad C = D = 0$$

• A des étudiants de première année d'université, j'avais demandé de mettre sous forme trigonométrique le nombre complexe $z = -2 - 3i$.
Suivant les groupes, j'obtins les deux réponses suivantes :



$$z = \sqrt{13}\,(\cos 123° + i \sin 123°)\,,$$

qui se trouve dans le deuxième quadrant ;

ou $$z = \sqrt{13}\,(\cos -56° + i \sin -56°)$$

qui se trouve dans le quatrième quadrant.

Pourquoi de telles réponses alors qu'au premier coup d'œil (mais encore faut-il le donner), le nombre complexe z se trouve dans le troisième quadrant ? Que révèlent-elles ?

• Qui n'a jamais vu un élève de première ou de terminale écrire :

$$\theta = 26° + 2k\pi\,?$$

Que signifie une telle réponse ? Que signifie ce "$2k\pi$" pour nos élèves ?

Pourquoi nos élèves sont-ils des automaths ?

Qui les forme ?

Pourquoi transformons-nous ainsi nos élèves en automaths ?

"Une calculatrice de poche est-elle plus intelligente après avoir été programmée ?" demandait récemment Marcel Dumont. Le propre de l'intelligence humaine n'est-il pas de pouvoir travailler avec le flou et l'incertain ? D'apprendre de ses propres erreurs ?

En plus d'une programmation "volontaire", ne programmons-nous pas *involontairement* nos élèves ?

Par exemple, dans [9], F. Reynes écrit :

"Démontrer que si $A \subset B$ alors $f(A) \subset f(B)$. La plupart des élèves commencent par écrire : soit $x \in A$. Pourquoi ? Peut-être parce qu'"on" leur a répété que pour faire une démonstration, il fallait partir de l'hypothèse pour aboutir à la conclusion et non l'inverse". Révélateur ?

Pourquoi formons-nous des automaths ?

IV - A L'ORIGINE ETAIT L'AUTOMATHISME

J'animais une session d'enseignants de mathématiques du premier cycle travaillant sur les erreurs de leurs élèves, lorsque j'eus l'idée de leur citer les résultats de l'enquête menée par l'IREM de Grenoble dont je parlais plus haut. L'assistance réagit dans le style : peut-être que de telles réponses se rencontrent çà et là, épisodiquement. Mais avec nos élèves, ceci ne serait pas possible, sauf pour quelques exceptions.

Les élèves en question n'étant pas présents, je ne pouvais pas tester cette affirmation. Par contre, à quelques mètres de là, dans une autre salle, un autre groupe d'enseignants était en formation avec un autre animateur. Je proposais aussitôt aux membres du premier groupe de construire, à l'intention des membres du second groupe, un questionnaire portant exclusivement sur le programme du premier cycle et ne proposant que des questions mathématiques *stupides*.

Après quelques réticences, les participants construisirent un tel questionnaire, le proposèrent aux personnes de l'autre groupe en formation et recueillirent les réponses qu'ils dépouillèrent aussitôt. Les résultats les laissèrent pantois.

Les enseignants de mathématiques interrogés avaient massivement répondu, par automathismes, comme l'auraient fait leurs élèves.

Cette constatation m'apparut comme un point de départ possible pour amener des enseignants à réfléchir à ce qu'ils organisent à l'intention de leurs élèves, à ce qu'on appelle parfois leurs *choix didactiques*. Aussi, l'été dernier, dans une nouvelle session de formation, où se trouvaient réunis des enseignants du secondaire, des conseillers pédagogiques et des inspecteurs de mathématiques, je proposais, avec l'aide des animateurs de ce stage, un questionnaire du même type, que nous avions construit. Pour éclairer ce qui suit, il me semble utile de vous le communiquer ici. Vous noterez facilement nombre de maladresses involontaires dans nos formulations qui se superposent à la "stupidité" mathématique recherchée pour la plupart des questions.

Questionnaire à choix multiples et Questionnaire à questions ouvertes *

Travail sur l'évaluation des élèves.

Ce questionnaire veut comparer les questions ouvertes et les questions à choix multiples.

1. Cochez la réponse *fausse* :

La suite 0,9 ; 0,99 ; 0,999 ; 0,9999 ; ....

☐ tend vers 1
☐ tend vers 0,999...999...

2. Vers quoi tend 3,9999999 ?

3. Quelles sont les limites de la suite :

5 ; 1,9 ; 3 ; 5,5 ; 1,99 ; 3 ; 5,55 ; 1,999 ; 3 ?

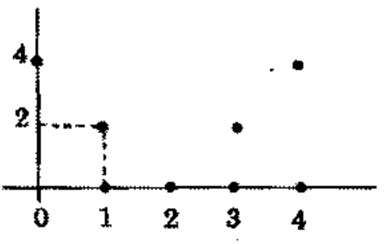
4. Vers quoi tend $\dfrac{f(x+h) - f(x)}{h}$?

5. Cocher la ou les bonnes réponses : ϵ

☐ est un infiniment grand
☐ tend vers zéro
☐ est arbitrairement petit
☐ est un infiniment petit
☐ est plus grand que ϵ^2
☐ est plus petit que ϵ^2

6. Tracer *la* fonction continue dérivable telle que :

$f(0) = 4$
$f(1) = 2$
$f(2) = 0$
$f(3) = 2$
$f(4) = 4$



7. Résoudre $||x-2| - 17| = -2$

* Questionnaire présenté ici de façon condensée.

8. Cocher la ou les cases des équations impossibles :

☐ $x^2 - 2 = 0$ ☐ $x^2 + 3 = 0$

☐ $x - 5 = 0$ ☐ $x + 5 = 0$

9. **Résoudre** $\cos^2 x + 5 \cos x - 3 = 19$

10. Cochez la bonne réponse :

☐ $\pi = 3{,}1$ ☐ $\pi = \frac{22}{7}$

☐ $\pi = 3{,}14$

☐ $\pi = 3{,}1416$ ☐ $\pi = 357/113$

11. Résoudre $bx^2 + cx + a = 0$

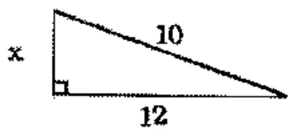
12. La suite de terme général $\left(\frac{3n-1}{5n^2+3}\right)^n$ est

☐ une suite géométrique

☐ une suite arithmétique

☐ une suite arithmétique et une suite géométrique

13. Trouver x

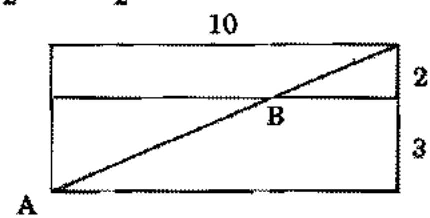


14. Cochez la ou les cases du nombre complexe sous forme trigonométrique

☐ $\cos \frac{\pi}{4} + i \sin \frac{\pi}{3}$

☐ $\cos \frac{\pi}{4} - i \sin \frac{\pi}{3}$

☐ $\frac{\sqrt{2}}{2} + i \frac{\sqrt{2}}{2}$



Trouver AB. AB =

Indiquez ici vos commentaires sur cette épreuve.

Merci de nous avoir consacré un peu de votre temps de stage.

Il n'est pas question de donner tous les résultats obtenus, ni les commentaires que l'on pourrait faire. Nous nous contenterons de citer les points qui méritent le plus qu'on s'y attarde un peu.

Commençons par la dernière question. Elle avait déjà été proposée à des bacheliers admis dans les écoles normales. Taux de réussite de ces derniers : 17 %.

Pourtant la question ne met en œuvre que les deux théorèmes de géométrie les plus célèbres du premier cycle : les théorèmes de Pythagore et de Thalès. Alors, pourquoi seulement 17 % de réussite à une telle question ?

Mais surtout, pourquoi dans un tel stage d'enseignants de mathématiques *seulement 41 % des participants répondent de façon exacte ?*

— La question était mal posée ?

— Il s'agissait d'une question piège ?

— Les répondants ne disposaient pas d'assez de temps ?

— La question n'était pas liée à un apprentissage ?

— Les résultats à utiliser étaient oubliés ?

— La question était inhabituelle ?

— Il fallait utiliser des valeurs non entières ?

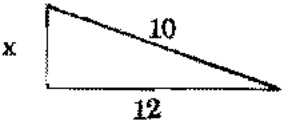
Toutes ces explications avancées par les participants et qui viennent à l'esprit suffisent-elles vraiment à expliquer que 59 % des participants, tous enseignants, n'ont pas donné la réponse exacte ?

Mais pour revenir aux automathismes (encore qu'ils n'étaient pas bien loin), citons les réponses fournies à d'autres questions.

A la question : résoudre $||x - 2| - 17| = -2$, les résultats suivants furent obtenus :

non réponse	10
réponse exacte *sans* calcul	38
réponse exacte *après* calculs	4
réponse fausse	11

A la question :



Trouver x.

les réponses suivantes furent fournies :

non réponse	5
réponse sans calcul	40
réponse avec calculs	12
réponse fausse	6

Et pour la question :

Résoudre $\cos^2 x + 5 \cos x - 3 = 19$,
on obtint :

aucune réponse	10
réponse exacte *après* calculs	23
réponse exacte *sans* calcul	18
réponse fausse	12

Nous n'avions pas suggéré aux répondants de faire leurs calculs éventuels sur le questionnaire lui-même. De la sorte, dans "réponse sans calcul" sont chaque fois comptabilisées les personnes qui se sont livrées à des calculs au brouillon avant de porter leurs réponses définitives sur le questionnaire.

Prenons la dernière question citée ci-dessus. Que mettent en évidence les 36 % de réponses exactes *après* calculs ? Pourquoi 36 % des personnes se livrent-elles à des calculs inutiles alors qu'elles possèdent les connaissances suffisantes pour s'en passer ?

Que dirions-nous à nos élèves de première ou de terminale dans un tel cas ?

L'un des participants expliqua aux autres que jusqu'à présent, il s'était montré très sévère avec ses élèves lorsqu'ils faisaient preuve de maladresse dans la résolution d'équations avec valeurs absolues ; et lui, face au questionnaire, il lui avait fallu une page de calculs avant de conclure à l'impossibilité de :

$$||x - 2| - 17| = -2$$

Il n'avait pas pensé un instant à regarder le second membre avant de commencer ses calculs !

Insistons sur le fait que dans le questionnaire précédent, à toutes les questions, sauf la dernière et la onzième, toute réponse fournie était absurde ou inexacte ou incorrecte. Voici globalement les pourcentages de réponses obtenus :

Questions	Nombre de réponses	Pourcentages
1	56	87 %
2	50	80 %
3	25	39 %
4	12	18 %
5	41	64 %
6	32	50 %
8	42	65 %
10	27	42 %
12	15	23 %
14	27	42 %

On constate donc que globalement, *les participants ont répondu au questionnaire et l'ont fait à toutes les questions.*

Même ceux qui ont détecté la stupidité de certaines d'entre elles n'ont pas été plus méfiants et ont continué à répondre mécaniquement aux suivantes comme des automaths. Ainsi, après les 18 % de réponses incorrectes à la question 4, passe-t-on à 64 % de réponses à la question suivante. Et à la dernière question, on recueille encore 42 % de réponses.

Pourquoi ces chiffres ? Que signifient-ils ?

Au cours d'une séance de sensibilisation à l'informatique organisée pour les enseignants de mathématiques du département où j'enseigne, nous cherchions un algorithme pour le calcul de $\sqrt{A}$ où $A > 0$ est un nombre réel. L'animateur demanda un minorant de $\sqrt{A}$ et nous de répondre 0. Puis il demanda un majorant de $\sqrt{A}$ et plusieurs d'entre nous répondirent A. Quelle aurait été notre attitude si le jour de l'oral du DEUG, l'un de nos étudiants s'était comporté ainsi, en automath ?

De la maternelle à l'université,
ne trouve-t-on que des automaths qui forment des automaths ?

De plus (voir [3]) cet encouragement aux automathismes que nous prodiguons, n'est-il pas accentué par les enseignements en petites séquences :

- — pédagogie par objectifs,
- — méthode de la redécouverte,
- — enseignement programmé,

qui "*n'enseignent que des réponses*" comme le remarque Yves Chevallard ? Si l'on admet que faire des mathématiques, c'est essentiellement résoudre des problèmes [3], quand préparons-nous nos élèves à cela ?

Quand et comment permettons-nous à nos élèves
de faire des mathématiques ?

V - DIDACTIQUE - ACTION

A travers les lignes qui précèdent, nous avons relevé quelques facteurs que l'on peut avancer comme explicatifs de certaines erreurs de nos élèves. Leur liste n'est pas exhaustive et souvent ces facteurs se superposent. Enfin, dans chaque cas, les débuts d'analyse que nous avons proposés restent superficiels, coupés de tout. Néanmoins, nous avons pu noter :

- — notre ignorance des *modèles* qu'utilisent nos élèves et notre méconnaissance de la formation des concepts chez l'apprenant ;
- — l'emploi, par nos élèves, de *théorèmes-élèves* dans des situations où ils ne fonctionnent plus, ce qui nous les révèle ;
- — les *automathismes* patiemment enseignés tout au long de la scolarité.

On pourrait compléter cette courte liste par d'autres facteurs, en particulier tous ceux qui semblent liés au *contrat didactique :*

— la non compréhension par l'élève de conventions :
$3x^2$ qui signifie $3.x.x$ et non pas $(3x)^2$;
$5-2\times 3$ signifie $5-(2\times 3)$ et non pas $(5-2)\times 3$;
2^3 qui signifie $2.2.2$ et non pas 2.3

— l'implicite de questions posées aux élèves. Prenons par exemple l'exercice suivant : $|\pi-5| = ?$

A cette question, un enseignant n'accepte comme réponse que $5-\pi$ alors qu'un autre veut bien de 1,86. *Comment un élève peut-il deviner ce que l'on attend de lui ?* Lorsque Polya nous dit : "apprenez à vos élèves à deviner", pense-t-il à ce type d'ambiguïté ?

Pour nous, enseignants de mathématiques,

sur quoi nous renseignent les erreurs de nos élèves ?

— sur leur façon d'apprendre ?
— sur les apprentissages qui leur ont été proposés ?
— sur leurs difficultés d'ordre affectif (voir [6] et [10])?
— sur la présence "d'obstacles" de nature didactique ?
— sur l'implicite qui règne entre les élèves et nous ?
— sur le sens de l'enseignement des mathématiques ?

Les chercheurs en didactique des mathématiques possèdent probablement déjà des éléments de réponse à certaines des questions posées dans cet article (voir par exemple [8]). Ils nous promettent pour demain que le savoir en cours de constitution qu'ils produisent permettra, par la mise au point *scientifique* de programmes, par la fabrication de didacticiels adaptés et par la formation des enseignants, de supprimer les dysfonctionnements actuels de l'enseignement des mathématiques.

D'autres chercheurs, comme S. Papert, [7], estiment que très bientôt, d'ici quelques mois, quelques années, par le biais des ordinateurs individuels que chacun utilisera, les enfants cesseront d'apprendre les "maths-scolaires" inventées à la fin du XIX^e siècle et qui ont perdu aujourd'hui toute signification. Pour ces chercheurs, non seulement l'accès au savoir changera, mais les savoirs eux-mêmes seront nouveaux.

Mais la science n'a pas de vérité, notait F. Jacob ; elle passe son temps à changer de vérité ; et il ajoute : *"Rien n'est aussi dangereux que la certitude d'avoir raison"*.

En attendant, chaque jour, dans nos classes, *nous devons agir*, et prendre des décisions didactiques, faire des choix en actes.

Pourquoi ne nous livrerions-nous pas, *là où nous enseignons,* à une *didactique-action* prenant comme point de départ les erreurs de nos élèves :

Quelles erreurs relevons-nous ? Dans quel contexte ? Que signifient-elles ? Quelles analyses nous inspirent-elles ? Et surtout *quelles conséquences pratiques* en tirons-nous pour nos classes ?

Comment aller plus loin ?

Didactique - Action
Premier acte

SEPT QUESTIONS POUR 1982-1983

1. *Sur quoi* nous renseignent les erreurs de nos élèves ?
2. Comment en tenir compte dans notre enseignement ?
3. Quels sont les *modèles* de nos élèves ?
4. De quoi les *théorèmes-élèves* sont-ils révélateurs ?
5. Pourquoi nos élèves sont-ils des *automaths ?*
6. De la maternelle à l'université, ne trouve-t-on que des automaths qui forment des automaths ?
7. Quand et comment permettons-nous à nos élèves de *faire des mathématiques ?*

Sans tambour ni trompette publie depuis son n° 29 (Octobre 82) des articles de didactique-action. Vous pouvez lui envoyer (IREM de Lyon) vos réactions, idées, suggestions, travaux...

BIBLIOGRAPHIE

[1] S. BARUK, Echec et maths. Seuil 1973.
[2] S. BARUK, Fabrice ou l'école des mathématiques, 1977.
[3] A. BOUVIER, La mystification mathématique. Hermann. 1981.
[4] G. GLAESER, Epistémologie des nombres relatifs (à paraître).
[5] IREM de GRENOBLE, Quel est l'âge du capitaine ? Bulletin A.P.M.E.P., numéro 323 (1980), pages 235-243.
[6] J. NIMIER, Mathématique et affectivité. Stock
[7] S. PAPERT, Le jaillissement de l'esprit. Flammarion. 1981.
[8] Recherches en didactique des mathématiques. La Pensée Sauvage. Grenoble.
[9] F. FREYNES, Langage, synonymie et démonstration. Bulletin A.P.M.E.P., numéro 331 (1981), pages 835-851.
[10] S. TOBIAS, Le mythe des maths. Etudes vivantes. Paris 1980.
[11] L. VIENNOT, Raisonnement spontané en dynamique élémentaire. Hermann. 1979.