chantiers de pédagogie mathématique

Bulletin de la Régionale Parisienne – Avril 1981 – CAHIER
Association des Professeurs de Mathématiques de l'Enseignement Public

50

Sommaire ; voir page 4

Cinquantenaire...

des jours heureux aux temps difficiles

Ce numéro 50 des *Chantiers de Pédagogie Mathématique :* une occasion de jeter un coup d'œil en arrière et un autre en avant.

Le numéro 1 date de novembre 68. En cette année 68-69, une publication régionale apparut indispensable pour aider les groupes nombreux et actifs qui entreprenaient une réflexion sur notre enseignement à tous les niveaux et plus particulièrement celui de l'école élémentaire. Jours heureux? En un sens, oui. Depuis des années, l'APMEP réclamait l'organisation de la formation continue des enseignants. Réclamait en montrant l'exemple, en organisant des équipes de travail, des *chantiers.* Pour mener de front le perfectionnement des connaissances et une réflexion sur les méthodes didactiques. Nous pensions que dans l'expression « enseignement des mathématiques », il y a mathématiques ET enseignement. Autrement dit nous voulions conjuguer recherche didactique et formation continue, nous réclamions des IREM.

Or, en octobre 1968, nous venions d'obtenir la promesse de création des premiers IREM (Paris, Lyon, Strasbourg et Besançon) qui serait suivie par d'autres. En ce sens, jours heureux car ce n'est pas si souvent qu'on obtient quand on réclame.

Mais cela ne signifie pas que ces temps fussent faciles. Tout n'était pas réglé comme on le vit bien vite. Par son statut d'institut d'université, l'IREM plaçait son activité dans un climat nouveau par rapport aux habitudes de l'Éducation Nationale : hors des contraintes hiérarchiques, hors du centralisme administratif. Il était donc dans la nature des choses que l'adminis-

tration centrale (ministère puis ministères et inspection générale) vit d'un mauvais œil ces noyaux d'activité indépendante. Sur le moment, elle parut consentir. Avec le temps, elle reprit son aplomb et le rôle où elle excelle, celui de frein.

Si les IREM ont connu depuis des temps difficiles, cela provient pour une grande part de l'hostilité de nos ministres (puisque la chance veut que nous en ayons au moins deux) pour tout ce qui est recherche didactique et formation des enseignants hors des circuits hiérarchiques. Mais ce serait une grave faute de notre part de ne voir que cette face des responsabilités.

Il y a nos propres responsabilités.

Nous tous, enseignants de mathématiques, avons-nous vraiment considéré les IREM comme nos IREM?

Avons-nous su aider nos collègues des autres disciplines à vouloir et à imposer la création d'institut semblables? L'absence des IRESP alors que l'enseignement des sciences physiques connaît une profonde évolution est une calamité.

Avons-nous suffisamment fréquenté les IREM et usé des moyens qu'ils mettaient, qu'ils mettent encore comme ils le peuvent à notre disposition pour nous perfectionner?

Dans l'ensemble (bien sûr il y a eu et il y a d'heureuses exceptions sinon l'APMEP n'existerait plus), je crois que nous n'avons pas été suffisamment militants. Trop « bons fonctionnaires », plus respectueux des « instructions officielles » que soucieux de créer les conditions d'une évolution de notre enseignement plus nécessaire que jamais.

*
* *

Les temps actuels sont donc difficiles, paraissent d'autant plus difficiles qu'aucun *projet* assez riche, assez vaste ne mobilise nos énergies. C'est dire que les tâches ne manquent pas pour nos *Chantiers*.

D'autant que les nouveaux statuts de l'APMEP (Cf. *Bulletin* 326, p. 938) donnent des responsabilités accrues aux Régionales. En particulier la charge d'élire des représentants de ces

Régionales au Comité National, lequel oriente la politique de l'association.

Double tâche par conséquent, mais travailler pour l'une c'est travailler pour l'autre. Animer des groupes de réflexion dans le cadre local, c'est contribuer à l'activité de la Régionale, étendre son rayonnement et accroître sa représentativité. C'est aussi ouvrir la discussion de projets susceptibles d'attirer de nouvelles bonnes volontés dans notre association, élargir son information vers les autres groupements professionnels ou pédagogiques.

Jouissant des loisirs de la retraite, je n'ai pas vocation pour faire des propositions précises. Poser quelques questions est à la limite de la bienséance. Je m'y risque pourtant.

— En 68, on parlait beaucoup de pluridisciplinarité. A-t-on fait de grandes choses dans ce domaine? Une réflexion sur ce thème pourra-t-elle déboucher un jour sur une nouvelle organisation de l'emploi du temps scolaire?

— Il y a encore des IREM mais pas d'IRESP ni d'IREF. Que penseriez-vous d'un projet nommé « des IRE »?

— Rigueur et axiomatisation, c'est pareil ou non?

— Inspection des enseignants et animation pédagogique des établissements, sont-ce des choses compatibles?

Il y a bien d'autres sujets à débattre. Ne dites pas qu'il faudra attendre le n° 100 des *Chantiers de Pédagogie Mathématique* pour en reparler!

Gilbert Walusinski.

Sommaire :

4 : Vie de la Régionale :
— Départementale 77. Compte rendu des activités du 2e trimestre.

7 : Information :
— Annick GRIFFON — suite et fin (?)

8 : Victor va à l'École ou un maître et des enfants découvrent l'informatique par C. DELVALLÉE.

14 : Pour introduire certains débats tournant autour des problèmes de la Science Contemporaine par A. VALABREGUE.

25 : **Index** des principaux articles parus dans le Bulletin depuis le numéro 29 (mars 1974).

27 : Aux Correspondants d'établissement.

Vie de la Régionale

■ Départementale 77. Compte rendu des activités du 2e trimestre.

Journée APM-IREM du 4 mars :

« Difficultés liées au langage dans l'enseignement des mathématiques. »

• Peu de participants : 10 le matin et 11 l'après-midi (en comptant organisateurs et animateurs).

• **Le matin :**

Josette ADDA a traité du problème des symboles dans leur(s) relation(s) avec leur(s) signification(s) (sémantique). Dans l'enseignement des mathématiques, le maître est nécessairement confronté à la problématique du

significant (symbole) / signifie (objet mathématique).

Le signifié est-il le même pour l'enseignant et les enseignés?

J. Adda classe les difficultés rencontrées :

— *Synonymie :* symboles différents pour le même objet (signification du signe =).

— *Homonymie :* même expression pour des objets différents.

— *Confusion du niveau de langage :*

objet / une de ses représentations

— *Confusion entre objet et symbole :* assimilation de l'objet au symbole servant à le désigner.

J. Adda évoque ensuite le problème lié à l'utilisation des points de suspensions (en particulier dans les tests du type : 1.2.3...).

Son exposé a été illustré par de nombreux exemples et s'est poursuivi par une discussion avec les participants.

• **L'après-midi :**

Bernard PARZYSZ a essentiellement traité des difficultés de compréhension liées à l'utilisation du français comme métalangage des mathématiques.

— *Difficultés de lecture :* « gommage » des petits mots à la lecture d'un texte. Complexité et longueur de certaines phrases de manuels scolaires.

— *Utilisation de mots du langage courant* pour signifier des objets mathématiques précis (ensemble - équivalence - antécédent - vecteur - norme - identité - hypothèse - plan - courbe - couple/paire - inverse/opposé - direction/sens...).

— *Utilisation de mots-clefs* servant de codage à des situations bien précises (dans un problème de probabilité, que penser des mots : au hasard, indiscernable au toucher, simultanément, successivement...).

A propos des quantificateurs, B. Parzysz nous a présenté un film réalisé avec le groupe Français-Math. de l'IREM de Paris-Sud pour la T.V. scolaire et qui montre les difficultés rencontrées par des élèves de 5e face aux mots : tous, les, des, certains, un, etc., dans des situations simples de diagrammes représentant des ensembles finis.

Après le film, il a énuméré les différents mots empruntés au métalangage (français) pour signifier la quantification (universelle et existentielle), avec les problèmes que cela pose!

Que penser des différentes significations de l'article indéfini « un » dans une phrase du type :

« La projection sur une droite, parallèlement à une droite, d'un parallélogramme, est un parallélogramme »

Enfin, il nous a exposé quelques difficultés liées à la négation des propositions en mathématiques (en relation avec le « contraire » en français).

Les deux brochures du groupe Français-Math de l'IREM de Paris-Sud ont été distribuées aux participants.

Réunion du 18 mars :

« *Le calcul mental dans nos classes...* »

Participation réduite : 6 personnes. Petite quantité, mais grande qualité : les participants étaient intéressés et la discussion fut fructueuse et constructive.

Le sujet avait été volontairement restreint aux produits de deux entiers inférieurs à 100.

Le spectacle (classique?) (extraits...)

.84×86?	$8 \times 9 = 72$ $4 \times 6 = 24$	donc $84 \times 86 = 7\,224$
.65^2?	$6 \times 7 = 42$ $5^2 = 25$	donc $65^2 = 4\,225$
.74×86?	$80^2 = 6\,400$ $6^2 = 36$	donc $74 \times 86 = 6\,400 - 36 = 6\,364$
.87×93?	$90^2 = 8\,100$ $3^2 = 9$	donc $87 \times 93 = 8\,100 - 9 = 8\,091$
.17×19?	$17 + 9 = 26$ $9 \times 7 = 63$	donc $17 \times 19 = 260 + 63 = 323$

Des questions:

— Quel est le domaine de validité de telles techniques?

— Pourquoi cela marche-t-il?

— Auprès de nos élèves (blasés?), ce genre d'exhibition spectaculaire est-il motivant pour faire des démonstrations et fournir des contre-exemples?

Noyaux abordés lors du « démontage » des techniques:

— La numération décimale de position ($n = 10d + u$).

— La distributivité de la multiplication sur l'addition : $(10d + u)(10d' + u')$ avec comme cas particulier, les produits remarquables :

$$(a + b)^2 \text{ et } (a + b)(a - b).$$

— Le calcul algébrique élémentaire (écritures littérales).

— Illustration par des dessins : produits représentés par des aires de rectangles.

— Expérimentation sur des exemples (en faisant varier les « paramètres »).

— Émission de conjectures et recherche de preuves (nécessité des écritures littérales).

— Élaboration de contre-exemples.

— Fabrication de nouvelles techniques de calcul rapide (activité de recherche plus théorique qu'expérimentale).

— Mise au point d'algorithmes de calcul et leurs schématisations.

— Rédaction de « modes d'emploi » en français.

En classe:

— Comment utiliser ce thème dans les classes de 1er cycle?

— Pas de recette miracle. Les échanges entre participants ont permis d'évoquer, lors d'un « parachutage » des techniques, des attitudes possibles du style :

1. « Oh comme c'est curieux, dites-donc... »
2. « Je vais vous raconter une histoire pas banale... »
3. « Superman, c'est moi! vous allez voir ce que vous allez voir... »

— Et pourquoi pas un devoir de recherche à la maison? (calcul mental écrit? paradoxe!)

Autres activités présentées:

— Observation d'une table de carrés « convenablement disposée » pour s'apercevoir que si $0 < n < 25$ alors n, $(50 - n)$, $(50 + n)$, $(100 - n)$, $(100 + n)$... ont leurs deux derniers chiffres qui sont les mêmes (extensions possibles).

— Propriété : $(n + 1)^2 - n^2 = 2n + 1$.

— Régles de divisibilité :

$a \in \mathbb{N}$; $a = 10d + u$; d: nombre de dizaines; u: chiffre des unités.

a divisible par 3 si et seulement si $(d + u)$ divisible par 3

a divisible par 7 si et seulement si $(d - 2u)$ divisible par 7

a divisible par 11 si et seulement si $(d - u)$ divisible par 11
a divisible par 13 si et seulement si $(d - 9u)$ divisible par 13
a divisible par 19 si et seulement si $(d + 2u)$ divisible par 19

Documentation

Il a été distribué aux participants les brochures :

— **Calcul mental, calculs 1** et **calculs 2** de l'IREM de Paris-Sud qui étudient de nombreuses et intéressantes techniques de calcul (mental et écrit).

— **Jadis et Naguère** de l'IREM de Paris-Nord qui donne des idées pour une organisation pratique de séances de calcul mental dans nos classes, présente un inventaire d'exercices et propose deux exemples de progression méthodique pour entraîner à calculer mentalement des élèves de 6e.

Vu le nombre restreint de participants à la réunion du 18 mars, nous avons encore des documents à diffuser sur ce thème. Les collègues intéressés peuvent s'adresser à Bernard Sicard (adresse ci-dessous).

Des groupes réguliers fonctionnent à Melun sur :

— *Informatique.*

— *1er cycle* (problèmes liés aux calculatrices).

— *2e cycle* (nouveau programme de 2e).

Renseignements : Bernard Sicard, 1, rue de la Benjamine, 92170 Vigneux.

Information

■ Annik Griffon. Suite et fin (?)

En même temps que vous receviez le dernier Bulletin (p. 12), vous avez dû apprendre que Annick Griffon avait été *réintégrée* dans ses fonctions.

Compte tenu des délais de composition et d'envoi, il était évidemment impossible de vous informer, ne fusse que par une note, du dénouement heureux et, nous l'espérons, définitif de cette affaire.

Ce dénouement ne changeait rien, d'ailleurs au sens et à la portée *générale* de l'article, qui dépassait le cas particulier d'Annick Griffon, pour s'élever contre des critères de jugement d'un enseignement, et des méthodes de mise à l'écart par trop discrétionnaires.

**

VICTOR va à l'École ou un maître et des enfants découvrent l'informatique

par C. Delvallée, École Pablo Neruda-Sartrouville

N.D.L.R. : Cet article fait état (comment faire autrement) de certains aspects spécifiques favorables à cette marque de micro-ordinateurs. Mais il ne se prive pas de souligner également des aspects moins favorables et il porte, pour l'essentiel, sur le processus de découverte de la démarche informatique chez les enfants, processus qui, à des détails près, serait le même avec toute autre marque. C'est-à ce titre que nous le publions.

Lorsque Victor (que je me suis acheté personnellement, les finances de la classe étant malheureusement incapables de cet achat) est arrivé en classe, tous les enfants étaient passionnés.

Plusieurs matins au moment réservé habituellement à l' « entretien » pendant lequel chacun peut nous montrer quelque chose, raconter un événement, poser une question ou y répondre, proposer un débat sur tel ou tel sujet, nous l'avons « essayé ».

Évidemment nous avons commencé à jouer avec les différents programmes sur cassette arrivés en même temps que Victor. Les « Cow-boys » ont eu un gros succès. « Add'm up » aussi. « Trail blazer », « Knockdown », « Chatbyrinthe », « Colorimage », « Music Maestro » ont beaucoup étonné les enfants. Ils nous ont fait découvrir les grandes possibilités de l'ordinateur Victor, surtout pour le graphisme. Nous n'avons pas encore exploité à fond tous ces programmes.

Un jour, au moment de l'entrée en classe un texte défilait sur l'écran :

— BONJOUR.
— LES ENFANTS DE
— LA CLASSE!
— JE M'APPELLE
— VICTOR.

Et ça ne s'arrêtait pas de défiler de bas en haut.

Les grosses lettres de Victor (11 caractères à la ligne au lieu de 40 ou 80) nous ont semblé tout de suite très lisibles par tout un groupe. C'est un avantage appréciable de Victor en classe.

Les enfants, étonnés, se sont demandé comment on pouvait commander à Victor d'écrire une telle phrase. Le maître qui découvrait l'ordinateur presque en même temps qu'eux a expliqué en tapant le programme devant eux. Ils ont bien vite compris la première instruction : PRINT (ou P. en Edu Basic). Ils ont aussi compris l'importance des guillemets après PRINT "... " permettant de dire à Victor : écris exactement pareil que ce qui est entre guillemets. A ce premier stade nous n'avons pas parlé de l'instruction PRINT A (sans guillemets : écris la valeur numérique de A). Les enfants l'ont découverte, plus tard quand nous avons réalisé nos programmes de calcul.

La seconde découverte du langage de l'ordinateur : « Entrée des données

ou des instructions en mémoire par l'action de la touche « CR » (retour chariot ou aller à la ligne) fut bien vite acquise car elle existait déjà dans les jeux des cassettes enregistrées. En effet lorsqu'une réponse est demandée par l'ordinateur on la tape, on la rectifie, on la retape, mais elle ne rentre dans la « tête de l'ordinateur » que lorsqu'on le décide en tapant « CR ».

Déjà, possédant ces éléments du langage BASIC, les enfants ont agi sur l'ordinateur en faisant apparaître leur nom sur l'écran.

Christophe par exemple a tapé : P. " CHRISTOPHE "
puis CR,
joie : son nom apparaissait sur l'écran.

D'autres, déçus, ont vu s'écrire WHAT? mais pas leur nom. Ils ont compris que la machine, très bête, ne peut rien faire si on lui dit :

P. ANDRÉ

ou P. " ANDRÉ en oubliant des guillemets!

ou P. ANDRÉ ".

Simplement elle demande « QUOI? ».

Les enfants apprenaient ainsi un nouvel élément du langage de Victor : le message d'erreur (il n'y en a qu'un en Edu-Basic : WHAT?). Le fait que le mot soit anglais ne les gêne pas beaucoup. Ils se rappellent vite de la signification informatique » de PRINT ou WHAT? ou d'autres termes. C'est un code. S'il était en français, la différence serait minime.

La découverte suivante fut l'importance du n° de ligne d'instruction. Pour écrire son nom il était inutile de numéroter l'instruction PRINT. Elle est unique et s'exécute immédiatement lorsqu'on tape la touche CR. Mais si on veut écrire plusieurs lignes ou faire répéter cette ligne un certain nombre de fois il faut décomposer les opérations que l'ordinateur doit réaliser et les numéroter. Les enfants, partis du petit texte qui défilait inlassablement voulaient faire la même chose avec un prénom.

En tapant 10 PRINT " CHRISTOPHE ", puis CR, étonnement : rien ne se passe.

Mais si l'on tape RUN (ou R. en Edu-basic) CHRISTOPHE s'écrit sur l'écran.

Et cela recommence chaque fois que l'on tape ce nouvel élément du langage de l'ordinateur : RUN.

Il n'a pas été difficile pour les enfants de comprendre que donnant un numéro à l'instruction, celle-ci était mémorisée par l'ordinateur qui l'exécute si on lui dit RUN. (Au lieu d'être oubliée dès qu'éxécutée s'il n'y a pas de numéro).

Je pense que les enfants ont vite compris les notions de code du langage et de mémorisation des instructions car elles font partie de leur univers qu'on le veuille ou non. Tous ont joué avec des calculatrices. Beaucoup en ont. Ils font des découvertes avec ces calculatries nous en parlons et essayons de comprendre comment elles peuvent calculer si vite et si bien.

Nous avons à plusieurs reprises constaté que toutes les calculettes apportées par les enfants ne fonctionnent pas de la même manière, qu'il faut connaître le langage de chacune pour lui « parler » et la « comprendre ».

Certaines ont une ou plusieurs touches « mémoire » (2 enfants se sont fait offrir une TI 30 et jouent constamment avec). La question « Maître, comment ça marche, la mémoire? » s'est forcément posée. Les enfants ont trouvé que cette mémoire est très pratique. Ça évite de noter les résultats sur le papier!

Donc le fait que l'ordinateur possède un langage et une mémoire beaucoup plus complexes n'est pas étonnant pour les enfants.

Pour faire répéter le prénom affiché il nous a fallu faire une nouvelle découverte primordiale en informatique, celle des boucles. Quand les enfants ont compris l'instruction FOR... NEXT qui permet de répéter le nombre de fois voulu une instruction ils ont été émerveillés. Nous avions tapé 2 lignes d'instructions numérotées :

```
10 FOR I = 1 TO 10,
20 PRINT " CHRISTOPHE ",
30 NEXT I,
```

et sur l'écran CHRISTOPHE s'écrivait 10 fois!

En modifiant la première ligne on pouvait l'obtenir 5 fois (I = 1 TO 5) ou 8 fois (I = 1 TO 8).

Plusieurs programmes très simples ont vu le jour, déclenchant toujours la joie car à chaque fois les prévisions « programmées » se réalisaient immédiatement.

C'est à ce stade surtout que les enfants ont compris que l'ordinateur est autre chose qu'un mystérieux jeu électronique car ils découvraient leur action personnelle sur la machine et imaginaient la joie du programmeur quand tout ce qu'il a prévu fonctionne.

Toutes ces grandes personnes qui craignent de placer l'enfant devant un ordinateur de peur de le « robotiser » ou de le préparer à être un consommateur aveugle de l'informatique devraient réfléchir à cela.

Ne connaissant du langage BASIC que :

```
PRINT " ... " :
CR                    RUN
WHAT?                 et la numérotation des lignes
et FOR ... NEXT.
```

nous avons fait de nombreux petits programmes et commencé à réaliser des dessins sur l'écran à l'aide de caractères. Il a fallu alors calculer l'emplacement des caractères sur l'écran. Un enfant par exemple voulait faire un grand ⊏ avec des ⊏. Remplissant l'écran de ⊏ il a vu qu'il y avait 10 lignes de 17 caractères chacune. Il a alors imaginé le programme suivant pour faire son grand ⊏

```
10 PRINT " ⊏ ⊏ ⊏ ⊏ ⊏ ⊏ ⊏ ⊏ "
20 PRINT " ⊏ "
30 PRINT " ⊏ "
```

etc., avec 40, 50, 60, 70, 80, 90. La ligne 100 étant comme la ligne 10 (8 ⊏).

En voulant garder ce grand ⊏ sur l'écran nous avons acquis un nouveau mot de BASIC, GOTO (Va au n° . . .). En ajoutant une 11e ligne : 110 GOTO 10 notre ⊏ restait sur l'écran. Nouvel enthousiasme : nous avions créé une boucle sans fin et ce grand ⊏ pouvait rester affiché à l'infini!

Ici encore j'ai pu constater que les mots anglais du BASIC ne sont pas un réel problème pour les enfants. Évidemment nous aurions un BASIC en français « Va au n° . . . » au lieu de GOTO serait plus facilement compréhensible et mémorisable. Mais la vraie difficulté n'est pas que le mot soit anglais, elle se situe au niveau de sa signification, de sa fonction dans le programme. C'est net pour Goto et ça l'est encore plus pour FOR I = 1 TO 10, NEXT I. Cette dernière instruction traduite en POUR I prenant les valeurs de 1 à 10, VALEUR SUIVANTE de I serait aussi difficile à comprendre pour les enfants du fait de son abstraction. Finalement pour eux comme pour les adultes faisant leurs premiers pas en informatique, ces notions abstraites sont comprises grâce au tâtonnement dans la réalisation de petits programmes simples.

Jusqu'à maintenant, nous ne sommes pas allés plus loin dans la pratique de la programmation avec les enfants.

Ils ont posé des questions sur la manière :

— d'utiliser la couleur (instruction COLOR (a, b, c, d) qui permet de choisir une couleur pour le fond (a) et 3 pour écrire (b, c, d) parmi les 8 disponibles dans l'ordinateur);

— de faire un dessin (instruction PLOT permettant de colorier un point de l'écran... ou beaucoup grâce aux boucles FOR... NEXT);

— de faire des sons (instruction SOUND et TONE).

Nous avons donc d'abord découvert l'ordinateur « jeu électronique » perfectionné avec les cassettes commercialisées. Puis cette machine étonnante a été un peu démystifiée lorsque nous avons découvert notre action sur elle en « programmant ». Enfin nous l'avons également utilisée comme « machine à enseigner ». J'ai fait des programmes répondant à des besoins propres à la classe.

La fonction RND permet de générer un nombre au hasard dans la fourchette qu'on précise (par exemple entre 0 et 100). Grâce à cette fonction j'ai pu faire plusieurs programmes de calcul que les enfants adorent utiliser pour s'entraîner aux mécanismes opératoires.

Le squelette de ces programmes est le suivant :

1. — L'ordinateur invente un nombre A.
2. — Il l'affiche.
3. — Il en invente un 2e, B.
4. — Il l'affiche (il peut continuer ainsi avec un 3e, un 4e)...
5. — Il demande d'effectuer avec les 2 nombres une opération (addition ou soustraction ou multiplication ou division).
6. — Il demande d'entrer notre réponse.
7. — Il calcule la bonne réponse.
8. — Il compare les deux réponses et annonce si la nôtre est juste ou fausse.

Les enfants utilisent, pour ces programmes, l'ordinateur, par petits groupes de 2 ou 3 au maximum. Ils ont demandé plus de diversité dans les niveaux de difficulté j'ai donc perfectionné le programme en affichant au début un menu :

4 niveaux d'additions;

2 niveaux de soustractions.

2 niveaux de multiplications.

1 niveau de division.

On choisit le niveau que l'on veut au départ et l'ordinateur s'oriente sur le sous-programme correspondant. A la fin suivant la réponse qu'on donne on est orienté vers un des deux sous-programmes « C'est juste » ou « C'est faux ».

Les enfants en réfléchissant au fonctionnement de ce programme ont compris des instructions avec lesquelles ils n'avaient pas encore fait connaissance : INPUT qui permet d'entrer une donnée en cours de programme, l'ordinateur posant alors la question : IF (condition) THEN (n° de ligne) qui permet un test et un aiguillage vers un sous-programme par exemple.

Il ne s'agit pas de transformer les enfants en petits programmeurs, mais de répondre aux questions qu'ils se posent en voyant fonctionner un programme. Cette approche des instructions du BASIC leur permet de comprendre que l'ordinateur n'est pas « magique » ni « tout-puissant » et surtout d'imaginer des programmes possibles. Ils savent que l'ordinateur capable d' « inventer » des nombres peut aussi nous poser une question, vérifier si elle est juste et nous le dire.

Avant d'avoir l'ordinateur en classe nous avions déjà fait des organigrammes et souvent dans ces organigrammes une réponse à une question détermine une voie ou une autre. L'instruction IF ... THEN traduite par SI (une condition) ALORS (va à la ligne n° ...) s'y trouvait déjà.

Nous avons enfin agrémenté notre programme de calcul avec la couleur et le son. Changement de fond, de couleur des caractères donnent un attrait supplémentaire. Lorsqu'on trouve la bonne solution nous avons à la suite du classique « C'est juste » une petite « récompense » avec création de points multicolores sur l'écran et d'une petite musique.

A ce moment le besoin de travailler sur les mots, donc d'utiliser les chaînes de caractères, s'est fait vraiment sentir. Nous ne pouvions nous contenter uniquement de programmes de calcul! — Comme Edu — Basic ne permet pas le traitement des chaînes de caractères j'ai acheté la cassette BASIC II avec laquelle nous pouvions le faire.

Les enfants ont alors proposé des programmes de français : Grammaire-Vocabulaire-Conjugaisons. J'ai juste commencé dans cette direction mais les perspectives sont immenses. On peut imaginer en Grammaire par exemple différents programmes de recherche de groupes fonctionnels dans des phrases, des recherches sur les verbes, les adjectifs, les accords. En chargeant les données par l'intermédiaires des cassettes il est possible de disposer d'exercices multiples et adaptés à différents niveaux de connaissance des enfants. En conjugaison et vocabulaire, il est possible également de faire des choses très intéressantes.

Des horizons fantastiques s'ouvrent aux instituteurs qui travaillent en équipes pour la mise au point de programmes et leur essai dans les classes. Il n'est pas possible d'aller tout seul très loin car le travail est énorme surtout

pour des non-spécialistes de l'informatique ayant à découvrir le langage et à l'utiliser correctement. (Ce n'est pas évident tout de suite : les nombreux messages d'erreur en témoignent!)

Dans cette perspective deux problèmes se posent avec Victor :

* La capacité mémoire vive de 17 K est réduite à 4 K, le BASIC II une fois chargé. (Cela doit s'améliorer si on peut avoir le BASIC en mémoire morte.)

* Les tableaux de caractères ne passent pas directement sur cassette comme les tableaux numériques, il faut utiliser un programme de traduction des variables « chaînes de caractères » en variables numériques. Dommage que le constructeur n'ait pas prévu cela en ROM de façon que cela se fasse automatiquement. Mais peut-être sera-t-il possible d'équiper les nombreux Victor d'un tel système.

Si d'autres enseignants ont fait une utilisation de Victor avec leurs élèves il serait sûrement intéressant de le faire connaître.

Pour introduire certains débats tournant autour des problèmes de la science contemporaine

par Antoine Valabrègue, Collège Chevreul, La Hay-les-Roses

Introduction

Le but de cet article est de donner des pistes pour se frayer un chemin dans le dédale des positions qui s'affrontent autour des problèmes de la science contemporaine et qui dépassent d'ailleurs largement le cadre des seuls spécialistes scientifiques. Sujet relativement ambitieux qui sera très certainement parsemé d'erreurs, de simplifications, que le lecteur plus savant voudra bien pardonner, mais sujet qui voudrait donner envie à ceux qui n'ont pas suivis ces problèmes d'en savoir plus. Et surtout, sujet par définition impossible. En effet si le scientifique clôt son territoire, le philosophe cherche à l'élargir sans cesse et ce qui est en jeu, au moment présent, c'est une discussion des deux côtés à la fois.

Est-on vraiment à l'aube d'une nouvelle révolution scientifique comme l'affirment Prigogine et Stenghers dans « *La nouvelle Alliance* »? Faut-il jeter les bases d'une méthodologie de la complexité comme le tente E. Morin dans « *La méthode* »? Ou bien au contraire, doit-on se garder de toute tentative prétendant avoir découvert la Méthode avec un grand M comme le soustend la thèse de Feyerabalnd dans « *Contre la méthode* »? Tout cela pendant que R. Thom, dans une récente émission de télévision, déclare « il n'y a de théorie que mathématique ».

Dans le même temps historique, le camp des partisans d'une nouvelle révolution industrielle, aussi considérable que le néolithique, se renforce — on peut lire à ce sujet le livre de Tofler : « *La troisième vague* ». Et la secte Moon s'apprête à organiser un colloque, réunissant 6 Prix Nobels, intitulé « Vers la fin de la causalité en Sciences » et semblant s'inscrire dans le même courant que celui qui a présidé au colloque de Cordoue, « *Science et Conscience* », lui-même poursuivant une reflexion entamée, il y a quinze ans par nombre de scientifiques américains, qu'on peut lire dans l'ouvrage intitulé « *La gnose de Princeton* »... (dont je ne parlerai pas ici).

Il semble difficile, aujourd'hui d'ignorer les travaux de Michel Serres, dont le dernier livre en date, « *Le passage du Nord-Ouest* », est « à lire ».

Il paraît intéressant de saisir les interrogations sur le réel voilé de D'Espagnat dans « *A la recherche du réel* », et aussi de rentrer dans la problématique ouverte par l'école dite de philosophie analytique anglo-saxonne, composée pour une grande part de scientifiques, s'étant mis à étudier l'histoire des sciences, à la suite des travaux de Russel et de Wittgenstein (Popper, Quine, Khun, Lakatos, Feyerabend...) dont les écrits commencent à être accessibles en français (*), et qu'un angliciste pourait aborder avec « *Criticism and the*

(*) On pourra lire le dossier établi par la revue « Critique » n° 399-400, août-septembre 1980.

growth of Knowledge » (Cambridge University Press) — en attendant une traduction qui ne saurait tarder.

Pour le lecteur ignorant complètement des débats de l'école de Copenhague, en physique quantique et relativiste, je suggère « *Les idées folles* » aux éditions du progrès de Moscou, qui donne un exposé très abordable en première lecture.

Tout ce qui suit s'inscrit à mon sens, dans la problématique ouverte en France par Lévy-Leblond, dans « *Auto-critique de la Science* », poursuivie par un collectif dans « *Idéologie de/dans la science* » et qu'on retrouve sur d'autres plans dans la revue « *Débats* », avec des polémiques mutuelles entre Thom, Prigogine et Serres.

Cette brève bibliographie, ne mentionne pas des noms comme Desanti, Koyre ou d'autres qui ont pu jouer ou jouent un rôle dans le débat, et tout en étant fort courte elle pourra sembler longue, voire inaccessible à beaucoup. A mon sens le jeu en vaut la chandelle, et quiconque s'interroge sur le rôle de l'enseignement des maths et de la physique peut rentrer dans le cœur de la problématique.

Il en ressortira peut-être avec des doutes accrus, mais il envisagera, très certainement son enseignement de façon différente et plus créatrice, ce qui me semble capital dans un monde en pleine évolution.

Comme le champ des questions soulevées est important, je propose de diviser la présentation des problèmes en deux parties qui ne sont ni disjointes, ni forcément pertinentes, tout simplement parce que le travail pour connecter tous ces morceaux est à la fois considérable et prématuré, mais surtout parce qu'il relève d'un travail collectif dépassant mes propres compréhensions.

La *première partie* traite essentiellement d'une rapide évolution, des problèmes de la physique des matériaux à ceux de l'étude des processus vivants.

La *seconde partie* aborde des problèmes de méthodologie et, disons, des problèmes métascientifiques.

Il y a volontairement peu de citations, surtout pour qu'on ne fasse pas des procès d'intention sur la pensée de tel ou tel auteur, l'intérêt des problèmes dépassant largement tel ou tel individu. Enfin il faut comprendre que cet article est surtout une réarticulation de notes de lecture sur des points qui m'ont semblés les plus intéressants.

Première partie

Pour mesurer l'évolution de la problématique de la science contemporaine il est utile de saisir les principaux éléments constitutifs de la *science* dite *classique*.

Dès l'antiquité, chez les Grecs, on dispose *d'une conception du microscopique simple;* ce sont des atomes passifs, mûs par une force extérieure. Cette image se modifie au cours des siècles, pour prendre une forme achevée chez Descartes, avec la scission au niveau philosophique qu'il opère entre l'esprit et la matière, moi et le monde.

A la simplification du microscopique correspond celle du macroscopique.

En reprenant la problématique de M. Serres on peut dire que le calcul, par exemple, est fondé sur l'idée toute simple qu'il existe un chemin du local

au global, ce chemin se prolonge, de voisinage en voisinage et il est le plus souvent ouvert, or, ce prolongement, le plus souvent, n'est pas possible (c'est le paradoxe de la sphère qu'on ne peut projeter globalement sur un plan, alors qu'on peut le faire en partant d'une partie de sphère).

En règle générale *on simplifie, au moyen d'un choix forcé*, le tiers étant exclu (c'est la logique Aristotelicienne qui domine). Tout semble pouvoir s'enchaîner par déduction claire et distincte des conditions initiales... Dans les faits tout se passe comme si on confondait les conditions nécessaires et suffisantes à un niveau très élémentaire. *La rigueur, la raison*, ne sont qu'un passage entre le local et le global qui se sert de l'induction (la prévision) et rencontre des outils puissants (pesanteur, chute des corps, attraction universelle). A l'époque classique, le but de la science est de *faire des prévisions*, plus elles sont exactes, plus elles se rapprochent de la vérité objective. Il y a depuis des siècles une recherche considérable d'une vérité baptisée unique, d'autant plus objective qu'elle élimine l'observateur (« je n'ai pas besoin de cette hypothèse », disait Laplace à Napoléon, en parlant de Dieu).

Or, la découverte de toutes ces lois classiques, qui allaient renforcer le camp des partisans de la vérité unique, n'est pas généralisable. Cela suppose un postulat de la raison classique pour qui *un sous -ensemble comporte toujours une loi qui reproduit l'ensemble*. En fait le global ne produit pas nécessairement un local qui lui même est porteur d'une loi qui ne reproduit pas le global, ni toujours, ni partout.

Le monde est une horloge que nous sommes capables de comprendre de mieux en mieux, et *comprendre c'est savoir manipuler*. L'idéal de la science classique est le solide cristallin à bords distincts, fermé et en équilibre. (Quand les Grecs rencontrent les premiers paradoxes comme celui de Xenon, la difficulté rencontrée est du domaine de la représentation : En fait, le parcours connecte des échelles, le graphisme est une économie, certes utile, mais substitue le fini à l'infini, le continu au discontinu, le plein au vide, le régulier à l'hasardeux, la loi au contingent et finalement, nous dit, M. Serres, le rationnel au réel.

A une conception du microscopique simple, correspond une conception des trajectoires, des vitesses, du temps, des *processus réversibles* (on peut toujours refaire les expériences on obtiendra les mêmes résultats, à partir du moment où on a dégagé des lois). Bien sûr les choses sont en mouvement, mais *la stabilité est la vérité du changement*. Ce n'est évidemment pas un hasard si la recherche fondamentale en matière scientifique débouche d'abord et avant tout sur des *lois de conservation* (masse, énergie, etc.).

Il est assez facile de comprendre qu'à une conception de la *nature, morte*, corresponde une recherche effrénée *des lois universelles*.

Causalité, légalité, déterminisme sont des mots clés de la science classique.

Avec le 19e siècle et l'irruption de la *thermodynamique*, s'opère un tournant, dont les conséquences sont capitales pour la problématique contemporaine. La thermodynamique, c'est d'abord et avant tout, la première étude des *processus irréversibles*, on découvre la loi de l'entropie, c'est-à-dire de l'*augmentation du désordre*. Celui-ci est toujours, à l'époque, synonyme de perte, de *dégradation de l'information*. La raison principale c'est que les raisonnements se font dans des systèmes fermés, isolés — le futur, pour ces systèmes, est la direction dans laquelle l'entropie croît jusqu'à un maximum. *Au mieux l'équi-*

libre obtenu est le résultat d'une compétition entre les facteurs énergétiques et entropiques.

C'est la lutte de l'énergie contre la dégradation de l'énergie.

Le modèle n'est plus le solide cristallin ou l'horloge, c'est un banc de nuages, oscillants entre les bords.

Avec la *physique atomique*, le monopole de l'objectivité forte, le monopole de l'espérance de connaître le monde dans sa totalité, de mieux en mieux, commence à battre de l'aile.

Selon la façon dont on observe des unités matérielles subatomiques, elles apparaissent comme des particules (ayant une localisation rigoureuse) ou des ondes (ayant une diffusion dans l'espace).

Pour Heisenberg : « les particules ne peuvent se comprendre que comme des interconnexions entre préparation d'une expérience et mesure subséquente ». Cette position d'Heisenberg frappe certains participants du « Colloque de Cordoue » qui la mettent en parallèle avec de grands mystiques de l'antiquité, qui affirmaient, il y a 2 500 ans, par exemple : « Le monde nous apparaît comme un tissu complexe d'évènements où les liaisons de tous genres, alternent se chevauchent ou se combinent, déterminant ainsi la texture de l'ensemble ». (Nous reviendrons sur les conséquences de cette position dans la deuxième partie).

Nous allons maintenant essayer, d'exposer les principaux points, qui sous l'impulsion notamment de la biologie, semblent appeler à une refonte importante de nos modes de pensée (à partir d'un certain degré de complexité).

Si les positivistes classiques, issues du 19e siècle, ne se posent jamais la question du « pourquoi? » mais toujours celle du « comment? » c'est une position cohérente avec la conception du monde qu'ils développent.

La brêche ouverte par la thermodynamique, élargie par la mécanique quantique, développée par la biologie conduit à reformuler et à essayer de solutionner des problématiques anciennes sur le pourquoi — d'où vient le vent, d'où vient le mouvement, par exemple? Tout se passe comme si, pour avancer, il fallait s'aventurer dans des domaines qui avaient été les chasses gardées des religions.

Dans ce cadre, la conception actuelle de l'*entropie* n'est plus rattachée à un état de perte, mais à *une évolution naturelle*. On est conduit alors à interpréter différemment les conceptions classiques de l'évolution.

L'évolution vers l'équilibre est d'une autre nature que l'évolution déterminée, contrôlée par une altération des conditions aux limites. C'est ce qu'essaye de recouvrir la notion d'*état attracteur des états de non équilibre*, et celle d'*ordre par fluctuation*.

La *stabilité* d'un système vivant est *le résultat d'un examen* conduisant à la régression de toutes les fluctuations possibles.

Prigogine donne comme image, celle de la constitution des piliers de termites.

Un mouvement, au départ aléatoire, des termites, dans une termitière, débouche, à cause d'un dépôt plus important, en un point, d'une substance olfactive, sur la constitution de pilier, là où s'agglutinent les termites. Il y a aussi l'ordre défini par les *structures dissipatives* — c'est l'exemple des tourbillons de Bénard, où un désordre moléculaire conduit à une structure ordon-

née. Au sein de la morphogénèse (la multiplication des cellules) on assiste à un brisement de la symétrie de l'espace - temps, dans un cycle limite, l'espace cesse d'être isotrope, la différentiation d'une cellule dépendrait, ainsi, de sa position dans un champ morphogénétique.

On s'aperçoit que le *vivant fonctionne loin de l'équilibre* — et donc des lois qui y étaient traditionnellement attachées.

Les lois universelles font place à l'exploration de stabilités et d'instabilités singulières. On est conduit à envisager une dialectique des fluctuations incontrôlables et des lois moyennes déterministes.

Le vivant est un *échangeur de temps*, obéissant aux deux principes des systèmes fermés (Carnot) et survivant aux dégradations comme un système ouvert. Au niveau d'un modèle, celui de la troisième époque devrait emprunter à une topologie paradoxale, continue et discontinue. (Il semble que cela soit dans la même optique que l'on cherche à développer les « ensembles flous »).

Or, loin de l'équilibre, un régime de fonctionnement peut ressembler à une organisation, au sens classique, mais dans laquelle les comportements singuliers, individuels peuvent jouer un rôle décisif.

Loin de l'équilibre, la dissipation de l'énergie devient source d'ordre. On étudie particulièrement des boucles catalytiques de régulation d'inhibition et d'activation.

L'*ordre et le désordre* sont constitutifs des organisations-réorganisations des systèmes vivants, par le biais de boucles d'adaptations — sélection — intégration, au sein d'une vaste éco-organisation-réorganisation (voir Morin).

Plus rapide est la communication dans le système, plus grande est la proportion de fluctuations insignifiantes, incapables de transformer le système.

D'un autre côté, plus un système est complexe, plus sont élevées les chances que certaines fluctuations soient dangereuses.

L'innovation est sélectionnée par un milieu qu'elle contribue à créer, la logique d'un système n'est pas purement et simplement celle du milieu.

Aujourd'hui, plus que de considérer les systèmes comme fermés, jouer sur les conditions initiales, sur les paramètres, on cherche à utiliser, à son profit, la richesse des relations non linéaires issues de la thermodynamique — c'est ainsi qu'on s'intéresse aux effets dits « boule de neige », aux « épidémies », à l'amplification de petites différences, etc.

C'est pourquoi, contrairement à la science classique, à partir d'un certain niveau de complexité, on cherche plus à agir sur un système qu'à prévoir ce qui va se passer.

Pour terminer cette première partie essayons de dégager quelques points au cœur de la problématique de la science contemporaine.

Le premier point, c'est l'irruption, depuis un siècle et demi à peine, de l'étude des *processus irréversibles*, qui sont maintenant clairement non synonymes de processus irréguliers, mais bien de processus permettant l'organisation spontanée. Il paraît intéressant de rappeler que pour l'illustre Einstein « l'irréversibilité était une illusion suscitée par des conditions initiales improbables ».

Dans le cadre des processus irréversible la notion même de trajectoire — qui était déjà une idéalisation — devient une idéalisation inadéquate. La confusion entretenue entre le pur et le métrique, grâce à l'artefact de la représentation qui suppose un espace régit par les similitudes, est balayée.

Bien entendu le monde réversible est encore une référence conceptuelle nécessaire pour introduire la rupture de symétrie par rapport au temps c'est-à-dire justement ce qui constitue le cœur des processus vivants irréversibles.

Le deuxième point c'est justement celui-là : la *fin de l'homogénéité du temps*. La science contemporaine permet ainsi d'aller à la rencontre de problématiques philosophiques qui traversent l'histoire de la pensée.

On interroge l'homogénéité du temps et sa structure spatio-temporelle servant de cadre de référence à l'apparition des structures dissipatives de la matière.

L'étude des bifurcations, c'est-à-dire des points critiques à partir desquels un nouvel état devient possible, devient un point central. Si tous les états ne se valent pas, on comprend bien que tous les temps ne se valent pas. Il s'agit d'énumérer les bifurcations qui ont décidé de l'histoire réelle parmi toutes les histoires possibles.

A partir du moment, et ce *sera le troisième point*, où l'on ne s'intéresse plus aux déductions simples de la science classique on commence à comprendre que l'axe de la recherche principal n'est plus celui des lois universelles. La recherche des lois universelles fait place à des démonstrations d'impossibilité. Par exemple l'*impossibilité d'un point de vue de survol* en physique atomique qu'on peut comprendre par analogie avec l'impossibilité de recouvrir la musique par la connaissance de toutes les notes et accords, c'est dans le même sens qu'on cherche à comprendre la nature, de façon qu'il n'y ait pas impossibilité à ce qu'elle nous ait produits.

La connaissance — pour reprendre une expression de Feyerabend — devient ainsi un « sceau toujours plus vaste d'alternatives incompatibles, peut-être même incommensurables », c'est pour cela poursuit-il que le seul principe valable est « tout est bon », voulant dire par là qu'il est dangereux de rejeter, comme sans intérêt, ce qui a été laissé de côté par la science moderne. Ceci relève d'une autre problématique que nous allons essayer de présenter maintenant, afin de ne pas avoir le vertige devant ce sceau d'alternatives, pour mieux rester dans un conformisme dogmatique tranquille.

Deuxième partie

La nature des interrogations scientifiques du monde contemporain n'est évidemment pas indépendante du choix de conception que l'on adopte. D'une façon très générale, toutes ces interrogations rencontrent deux principales contraintes :

— la nature,

— fonder des théories sur des grandeurs inobservables en principe.

Sur ce terrain les scientifiques s'affrontent à partir de deux attitudes principales : les réalistes, qui s'étendent jusqu'aux réalistes critiques, et les partisans de l'expérience, qui ont reçu, au cours du siècle, du renfort avec notamment le courant dit de l'empirisme logique.

Pour le réaliste, la matière et l'esprit existent indépendamment l'une de l'autre; ceci est vécu le plus souvent de façon dichotomique et entraîne un certain dualisme de la pensée scientifique de ce courant.

Pour le réaliste, il est sensé et juste d'affirmer qu'une réalité existe et qu'elle est indépendante de l'esprit humain. Une découverte est « intéressante » si elle nous éclaire sur les structures d'*une réalité indépendante de l'homme*. La plupart des réalistes jusqu'au cœur du vingtième siècle ont été des partisans de l'objectivité classique et, pour eux, c'était ce qui permettait à la science d'avancer.

Un des principaux défauts des partisans de cette conception a été, dans la réalité, de souvent identifier description *objective* du système tel qu'il est en lui-même, et description *complète* dudit système. Une des principales faiblesses a été d'ériger des concepts familiers (objets, position, instant...) en « éléments de réalité ».

Et justement ce sont ces concepts qui, avec le développement de la physique contemporaine, ont été le plus réinterprétés.

C'est ce qui conduit certains, par exemple d'Espagnat, à prendre position pour un *réalisme « voilé »*. Expliquons un peu ce qu'il entend par là, à l'aide d'un exemple :

Pour lui, il semble que l'on dispose à l'heure actuelle de preuves qui ne laissent pas espérer que les aspects paradoxaux (1) de la mécanique quantique, interprétés par l'école de Copenhague puissent être levés.

« Si une réalité indépendante de l'homme, mais accessible à son savoir, a un sens, alors une telle réalité *est non séparable*. C'est-à-dire, si l'on veut concevoir des parties localisables dans l'espace, alors si ces parties ont interagi selon certains modèles définis, en un temps où elles étaient proches, elles continuent d'interagir, quel que soit leur mutuel éloignement et cela par influences instantanées. »

Il va de soi que si cette proposition — qui est en cours de vérification pratique — s'avérait inattaquable, elle conduirait à d'importantes transformations, dans la façon d'appréhender les phénomènes subatomiques et de les interpréter; d'ores et déjà nous savons que ce type de proposition donne du poids à tout un courant, dont nous reparlerons, celui du Colloque de Cordoue.

Les partisans du réalisme ont vu leurs positions très critiquées depuis l'irruption de la mécanique quantique, avec par exemple le principe de Complémentarité de Bohr, avec le fait que pour Bohr la réalité des propriétés des objets semble rigoureusement subordonnée à celle de l'espérience humaine, et avec l'autre fait qu'aucune préparation du système ne peut épuiser celui-ci.

C'est ainsi que tout un courant estime que c'en est fini de l'abstraction qui fige le sujet en face de l'objet et que les problèmes de causalité et de localité doivent être définis en dehors de la réalité indépendante.

Einstein à tout ceci rétorquait 1° : Je n'ai pas de connaissance directe

---

(1) Il faut bien noter ici au passage, que le concept de paradoxal est toujours lié à une conception de l'univers et ce qui est paradoxal dans la théorie d'Einstein ne l'était pas dans celle de Ptolémée, ne le sera peut-être pas dans la suivante.

des autres hommes 2°. On n'est pas capable d'appréhension sensible du passé 3° Comment justifier l'induction, si l'on ne la fonde pas sur des régularités d'une quelconque réalité extérieure. (Tous ces points font l'objet d'âpres débats).

Je dirais, pour conclure ce passage, que tout se passe un peu comme si les sciences traditionnellement *déductives* (2), c'est-à-dire sciences pour lesquelles, soit les hypothèses générales, soit les déductions de ces expériences sont testables se transformaient, dans certains domaines, en sciences *interprétatives* (où l'on recherche les faits latents). C'est peut-être dans ce sens qu'il faut chercher à comprendre les conceptions de l'ordre impliqué, définies par D. Bohm au colloque de Cordoue (3).

Pour *l'empiriste ou le partisan de l'expérience*, la réalité indépendante est reléguée au deuxième plan, et l'expérience est définie en termes de conscience, de perception, de réflexion. Ce que l'on peut connaître, c'est l'ensemble de nos observations et actes.

Pour l'empiriste, l'accord, entre la théorie et les données, joue en faveur de la théorie et réciproquement. De fait, nous dit Feyerabend, théorie et faits sont beaucoup plus liés qu'on ne l'imagine. Et l'évidence, si chère, qui sert de fondement à de nombreuses théories, peut être parfaitement viciée à la base parce qu'elle contient des caractéristiques beaucoup plus historico-physiologiques qu'on ne le croit.

De fait avant de faire sa première expérience de sensation claire, il faut disposer de moyens d'interprétation, et l'on retombe dans l'autre problématique.

Tout ceci conduit l'empiriste à une sorte de dualisme entre *découverte* et *justification*, entre *observations* et *principes théoriques*.

Quand les difficultés surviennent, on les comble à l'aide d'hypothèses ad hoc qui éliminent les difficultés et sont dangereuses quand on les transforme en approximations authentiques (c'est ce qui a été fait en relativité générale, mais pas en mécanique quantique).

Feyerabend s'étend longuement, de façon très intéressante sur la façon dont Galilée a essayé de faire admettre son système. Il est tout à fait amusant de savoir que pour justifier le fait qu'une pierre tombe à la verticale — ce qui n'est pas une trivialité, avec le modèle de la terre tournant autour d'elle-même — il était nécessaire d'introduire le principe d'inertie circulaire. Curieusement Galilée n'introduit pas ce principe par référence à une observation

---

(2) La problématique science interprétative-science déductive, est introduite ici à titre de pure hypothèse, pour inviter non à clore le débat, mais à pousser le lecteur à étudier l'école anglo-saxonne, mentionnée en introduction. Elle nécessiterait, à elle seule, un long développement, même si elle est, ici, apparue assez maladroitement.

(3) David Böhm prend l'exemple de deux cylindres concentriques. On introduit de la glycérine entre les deux cylindres. Puis on dispose une goutelette d'encre indiluable. On fait tourner le cylindre extérieur de *n* tours, les fines particules de carbonne s'étirent dans tous les sens. Si l'on fait l'opération en sens inverse la goutelette réapparaît intacte. En effectuant la même opération avec 2 goutelettes, elles réapparaissent dans l'ordre inverse d'introduction, sans se mélanger. Tout se passe comme si chaque état conservait la mémoire de l'état précédent. D. Böhm s'en sert comme image pour dire que l'ordre de l'univers est de nature plus complexe que l'ordre « déployé » auquel nous nous référons, d'où le concept d' « implicated order » par opposition à « explicated order ».

indépendante, mais par référence à ce que tout le monde est censé savoir, c'est-à-dire à l'aide d'une expérience comportant des « ingrédients métaphysiques », et Feyerabend va plus loin en estimant qu'il en est ainsi beaucoup plus souvent qu'on ne le pense.

De fait pour vérifier Copernic, il faut une conception du monde nouvelle, qui contienne une nouvelle conception de l'homme et de ses capacités à connaître. Et si nous vivons une nouvelle révolution scientifique elle ne pourra triompher qu'en développant une nouvelle conception du monde.

Les avantages comparatifs des conceptions réalistes et empiristes ont été longuement débattus par l'école Anglo-saxonne, je ne donnerais, ici, qu'un timide aperçu des interogations et positions auxquelles certains éléments de cette école sont parvenus.

Les théories sont des systèmes qui reçoivent des impacts, des *faits récalcitrants*. Le degré de coroboration d'une théorie n'est pas proportionnel au degré de probabilité logique de cette théorie, il est inversement proportionnel; il est proportionnel au caractère informatif des énoncés, à leur possibilité d'être falsifiés. D'où l'importance d'arriver à définir la *classe des énoncés falsifiables* d'une théorie.

N'est pas une science tout système qui s'arroge la possibilité de modifier à volonté son corps d'hypothèses et d'y introduire des *hypothèses ad hoc*.

Toute proposition observationnelle est bourrée d'inférence déductive. Donc un énoncé particulier n'est pas vérifiable ou falsifiable isolément, mais seulement à l'intérieur d'un système.

Une des questions souvent posée est : qu'est-ce qui fait que des faits expérimentaux nous conduisent à changer de logique?

Il est impossible de prouver de façon expérimentale une quelconque théorie. Il faut donc bien comprendre qu'on ne compare que des théories entre elles et que l'on arrive à des classes de théories incompatibles.

On peut arriver donc à des interprétations incompatibles les unes avec les autres mais compatibles avec l'expérience.

Des manipulations purement opérationnelles n'épuisent pas le réel; cela dépend de la façon dont on appréhende l'objet.

La vérification d'une science ne peut donc pas être épuisée par le réel. Ici s'ouvre une parenthèse importante, pour dire que cela rejoint les préoccupations d'un M. Serres, pour qui la technologie substituant constamment le fini à l'infini, le continu au discontinu... couvre le réel au lieu de l'épuiser. Bien souvent on délaisse *l'intuition* et on débouche sur *le formalisme*. Ceci fait le jeu du rationnaliste qui travaille à exclure « cette saleté de détail » notamment à l'aide d'hypothèses ad hoc. Et je dirais pour ma part que si les scientifiques crient à l'amalgame, avec le technicien, et veulent faire croire qu'ils ne se salissent aucunement les mains, ils se bercent d'illusions.

Ce qui est en jeu aujourd'hui, c'est peut-être les principes du rationalisme critique et à fortiori de l'empirisme logique qui seraient susceptibles de retarder les progrès futurs de la science.

En fait il n'y a pas d'idée ancienne — si absurde soit-elle, précise Feyerabend — qui ne soit capable de faire progresser notre connaissance (il donne évidemment des exemples dans son livre. Un m'a particulièrement frappé, c'est celui qui affirme que la théorie de la relativité d'Einstein ne recouvre pas

totalement toutes les conséquences de la mécanique newtonienne). C'est bien pourquoi il est dangereux d'affirmer, avec absolue certitude et a priori, que telle ou telle théorie ou conception est complètement dépassée et ceux qui croient que « les aspects de la culture populaire comme la sorcellerie ou la croyance aux horoscopes » n'ont aucune valeur scientifique sont à côté de la plaque même s'ils croient mener une lutte contre le confusionisme ([4]), parce qu'ils sont persuadé qu'il n'y a qu'une Science.

En guise d'appendice je voudrais essayer de présenter non pas la problématique du colloque de Cordoue, mais quelques interventions qui s'inscrivent assez bien dans les points soulevés jusqu'à maintenant :

Comme il est impossible de comprendre tous les phénomènes à la fois, les scientifiques de la nature se contentent d'une compréhension approximative, en négligeant ce qui est de moindre importance.

On explique ainsi une quantité de phénomènes à l'aide de quelques-uns. Les mystiques orientaux ne s'intéressent pas à la connaissance approchée et enseignent *l'impossibilité d'expliquer un phénomène isolé.*

Les orientaux font la distinction entre *matière subtile* et *matière grossière*, car pour eux la matière n'est pas une entité morte. Par exemple la terre d'un point de vue grossier est une substance matérielle, et d'un point de vue subtil un constituant ontologique primaire de tout ce qui est olfactif par exemple.

Pour atteindre la connaissance sensible il faut jouer entre les deux niveaux de conscience qu'ils distinguent tous.

Le premier niveau est celui des sensations, des perceptions, de la pensée rationnelle; *le second niveau* atteint les régions profondes de la conscience : les rêves symboliques, les images mythico-poétiques, la créativité des symboles... Pour les mystiques orientaux, la contemplation est une dimension non temporelle de la réalité. Les différents types de contemplation remplissent un éventail de positions, depuis une coupure totale avec le monde extérieur jusqu'à une ouverture accrue.

L'univers est un tout, tissu dynamique d'évènements interdépendants, où la cohérence globale des relations mutuelles des parties détermine la structure de tout le tissu.

Avec ces conceptions, on entrevoit bien que ce qui compte ce sont des modèles d'auto-cohérence et non des recherches d'entités fondamentales. La vision du monde est « organique », il est plus important de mettre l'accent sur le rythme plutôt que sur la substance.

On commence aussi à comprendre ce qui fait l'attrait pour des physiciens occidentaux de ces mystiques orientales. Pendant 25 siècles, on a désespérément cherché la brique de l'univers, on s'aperçoit qu'elle n'existe pas et l'on découvre qu'il y en a qui l'avaient bien dit, depuis toujours.

A ce stade il faut être parfaitement clair : seul l'immense orgeuil du scientifique peut le conduire à rejeter toutes ces questions d'un œil dédaigneux.

On a découvert aujourd'hui que la complexité était à la base des systèmes vivants. On s'aperçoit que la frontière entre le vivant et l'inanimé est beaucoup

---

([4]) Il s'agit d'une citation d'A. Kastler et J. C. Pecker tirée d'un article du Monde Dimanche du 14-9-80. Tout récemment, le Monde du 5-6 avril a publié un article de J.-P. Vigier sur le colloque de Cordoue et Einstein.

plus floue qu'on ne le croyait; les interdépendances entre les phénomènes sont plus profondes qu'on ne le pensait. Non seulement les concepts de bases mais aussi les relations fondamentales dans l'univers sont interrogés, on se demande s'il ne faudrait pas changer de logique. Les modèles proposés empruntent aux catégories comme la subtilité, la quasi-matière, l'hyper-complexité... Le risque de s'y noyer est évidemment grand, mais de l'autre côté c'est la froide assurance de la toute puissance d'une technique infinie. Il n'y a évidemment pas de solution miracle, sinon cela se saurait, il ne reste, semble-t-il, que la voie de développer considérablement la sagesse inquiète de l'homme qui s'interroge.

***

N.D.L.R.

Les Mathématiques sont une discipline scientifique et il nous a semblé intéressant d'ouvrir notre Bulletin à un débat contemporain qui agite les Sciences. Notre collègue Valabrègue pose ici le problème de façon générale, tout en faisant un tri qui lui est personnel.

Dans un domaine qui touche à des points si fondamentaux de la conception qu'on a du monde et de la science, il serait étonnant qu'aucune réaction ou contradiction ne soit apportée.

Notre Bulletin rendra naturellement compte de la correspondance ou des articles qui pourront lui être envoyés à ce sujet.

Adresse : G. RAPEGNO, 42, rue Mary-Besseyre, 92170 Vanves.

INDEX DES PRINCIPAUX ARTICLES

parus dans le Bulletin depuis le numéro 29 (mars 1974)

Une indication entre parenthèses comme (31 : 2-8) signifie : Cahier 31, pages 2 à 8. Les titres des articles peu explicites ou trop longs ont été, parfois, modifiés.

(1) Exposé sur le Travail Indépendant. M. QUINOT (29 : 2-6).

(2) Méthodes inspirées de l'analyse en algèbre et en arithmétique. M. Adrien DOUADY (29 : 6-14).

(3) Classes de transition et groupe de niveau. Mme Josette ADDA (30 : 6-18).

(4) De quelques difficultés dans l'enseignement des espaces vectoriels J.P.A. (30 : 18-24).

(5) Un modèle pour l'épigénèse de la jonction neuro-musculaire. M. Philippe COURRÈGE (31 : 2-8).

(6) Des « groupes de niveau » au C.E.S. experimental de Marly-le-Roi (78) ou « de la suppression des filières ». M. FRANCHETERRE (31 : 8-16).

(7) Réussite scolaire et appartenance sociale. Mme Viviane ISAMBERT-JAMATI (33 : 6-11).

(8) Débat entre Mme KRYGOWSKA et M. FREUDENTHAL sur « La réforme de l'enseignement des Mathématiques et les ensembles ». (33 : 11-27).

(9) La controverse des logarithmes des nombres négatifs et imaginaires. M. Jean-Luc VERLEY (34 : 3-6) suivi d'extraits de la controverse entre MM. Leibniz et Bernouilli, in EULER, Opéra (1), 17, 195-232 (34 : 6-20).

(10) Mathématiques-Mystères-Mystification. M. Gilbert GRIBONVAL (35 : 8-13).

(11) Les finalités de l'enseignement des mathématiques. M. FREUDENTHAL (35 : 16-20).

(12) Les problèmes de définitions en mathématiques. M. Roger MARTIN (36 : 4-8).

(13) Une méthode géométrique pour une classe de problèmes combinatoires. M. EHRHART (36 : 9-15).

(14) Ignorance abécédaire et ignorance doctorale. M. Gilbert WALUSINSKI (38 : 4-11).

(15) Quelques points d'histoire de l'arithmétique. M. Gilles LACHAUD (38 : 12-20).

(16) Mathématique et Physique se cherchent... et se trouvent. Mmes Nicole LEBRUN, Monique HAMON et Annette GRIBONVAL (39 : 6-10).

(17) Le marché du travail des scientifiques et des littéraires. M. Michel DEBEAUVAIS (40 : 8-14).

(18) Les premiers apprentissages en mathématiques (maternelle, cours préparatoire) et leurs répercussions ». Compte rendu d'une journée avec la participation de Mmes Mira STAMBACK, Christiane DESJARDINS et Liliane LURÇAT (40 : 14-18).

(19) Sur l'art de sonner les cloches. M. Bernard JAULIN (41 : 4-18).

(20) L'intelligence artificielle. M. J.-L. LAURIÈRE (42 : 5-18).

(21) A propos d'une expérimentation sur les calculatrices programmables. MM. Roger DIDI et Marc FERRANT (45 : 11-19).

(22) Enseignement des mathématiques et pluridisciplinarité. M. Gilbert WALUSINSKI (46 : 10-14).

(23) La fraction de la Maternelle à l'Université ». M. AUGUSTONI (46 : 15).

(24) Le C.E.T. (L.E.P.) Exemple : C.E.T. Pasteur à Nice. Enquête. Mlle . . . . (46 : 23-28).

(25) Nœuds et Tresses. M. Claude PAGANO (46 : 29-35).

(26) Journée sur « L'introduction des calculatrices dans l'enseignement des mathématiques » animée par Roger Didi et Marc Ferrant (46 : 35-39).

(27) L'équiprobabilité, est-ce que cela va sans dire? M. Bernard PARZYSZ (47 : 2-4).

(28) Le choix d'un modèle. Exemples historiques de situations probabilistes. M. Bernard BRU (47 : 4-8).

(29) Quelques réflexions sur l'examen d'entrée en 2e A. Mme Nicole CHOUCHAN (47 : 9-12).

(30) Bonnes causes et mauvais moyens. M. Gilbert WALUSINSKI (47 : 12-13).

(31) A propos de l'expérimentation en classe de seconde indifférenciée. Rapports (47 : 14-17).

(32) Une enquête auprès d'élèves dans un L.E.P. (47 : 17-22).

(33) Interdisciplinarité au L.E.P. M. LAGARDE (48 : 11-22).

(34) Tous égaux devant les mathématiques? Mme Josette ADDA (48 : 23-35).

(35) Des Maths pour être heureux. Mme Geneviève LOPATA et M. Lucien AUGÉ (49 : 14-22).

(36) Victor à l'École ou Un maître et des enfants découvrent l'informatique. M. C. DELVALLÉE (50 : 8-13).

(37) Pour introduire certains débats tournant autour des problèmes de la Science contemporaine. M. Antoine VALABRÈGUE (50 : 14-24).

A remplir et à détacher si vous voulez être correspondant d'établissement

NOM : Prénom :

Adresse personnelle :

N° de téléphone :

Type d'établissement :

École élémentaire	☐	Lycée classique	☐
C.E.S.	☐	Lycée technique	☐
L.E.P.	☐	Lycée polyvalent	☐
École Normale	☐	Autre (préciser)	☐ .....

Nom et adresse de l'établissement :

Acceptez-vous que soient publiés dans le Bulletin Régional :

- Votre nom et l'adresse de votre établissement oui ☐ non ☐
- Votre adresse personnelle oui ☐ non ☐
- Votre N° de téléphone personnel oui ☐ non ☐

Désirez-vous recevoir une affiche A.P.M. pouvant servir de support mural aux documents que nous vous envoyons? oui ☐ non ☐

Désirez-vous recevoir des bulletins d'adhésion à l'A.P.M.?

non ☐ 1 ☐ plusieurs (préciser) ☐

Seriez-vous prêt à tenir un dépôt de brochures A.P.M. dans votre établissement? oui ☐ non ☐

Avez-vous des sujets à proposer pour servir de thèmes à une réflexion de la Régionale?

Avez-vous dès à présent des suggestions d'activités à proposer à la Régionale?

Renvoyer à Marie-José et Gérard HOUSSIN
28, avenue Villemain, 75014 PARIS (Tél. : 542-97-78)

Supplément au Bulletin de l'A.P.M.E.P. n° d'Avril 1981

Imprimé en France *Le Directeur de la publication :* G. RAPEGNO

FD Imp. Alençonnaise - B.P. 57 - 61002 Alençon
Dépôt légal 2e trimestre 1981 : 97.216 - C.P.P.P. 52.819