

Cosinus et Particule au pays des pédagogues

En France, les mathématiques occupent une place très importante dans l'enseignement. Certains élèves s'en réjouissent, mais d'autres peinent à entrer dans une discipline en apparence coupée des réalités du monde physique. Comment réconcilier ces jeunes avec les mathématiques ? En leur montrant l'utilité concrète des théorèmes et démonstrations.

par **Louis FATON**, Editions Cosinus

Réconcilier les collégiens avec les maths, lever un blocage cause d'échec scolaire, offrir aux jeunes lecteurs une approche amusante des maths et des sciences, calmer l'inquiétude des parents : tel était le pari engagé par le lancement de *Cosinus*, en novembre 1999.

Le titre permettait de faire vivre un personnage, Cosinus, émule de Tintin, piqué par toutes sortes de curiosités et vivant ses découvertes comme autant d'aventures. Il est accompagné de Particule, un énorme chien placide, qui sort de sa somnolence pour ramener son maître sur la voie du bon sens.

La revue a été conçue pour couvrir un large éventail de disciplines : maths, physique, chimie, sciences de la terre, biologie, astronomie. Le premier numéro présentait plusieurs articles de maths – sur les gnomons et la somme des 'n' premiers nombres, sur le problème de l'empilement des sphères, sur les probabilités – et des sujets variés : la foudre, les dinosaures, le sommeil, l'étoile Polaire, avec un poster sur les particules élémentaires.

La première déconvenue est apparue lors d'une rencontre avec France-Info. Cette radio avait aimablement accepté de présenter la nouvelle revue par un entretien avec son directeur. On lui reconnaissait *a priori* son caractère original, voire courageux. Mais, dans le bureau de la rédaction, les journalistes qui feuilletaient le premier numéro oscillaient entre le doute et la consternation. Dans leur esprit, les sujets étaient beaucoup trop éloignés des préoccupations que l'on prête habituellement au grand public. Le produit leur paraissait

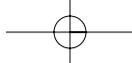
invendable. L'émission eut lieu, sans que l'on sache ce que les auditeurs en pensaient.

Assez vite, la revue a conquis 5 000, puis 10 000 abonnés, ce à quoi s'ajoute la vente en kiosque, qui continue à progresser, lentement, mais sans accrocs. Le pari commercial a donc été tenu. Mais qu'en est-il du propos pédagogique initial ?

Une indication est donnée par la comparaison avec d'autres revues s'adressant au milieu scolaire, dans la même tranche d'âge (de la fin du primaire aux premières années de lycée). Par rapport au succès rencontré par *Arkeo junior* (archéologie), *Le Petit Léonard* (arts) et *Virgule* (français et littérature), les résultats de *Cosinus* sont sensiblement moindres, à la fois quant à l'effectif des abonnés et quant à leur fidélité. C'est là une situation paradoxale, car, dans le domaine des périodiques pour adultes, les revues scientifiques – telles *La Recherche*, *Pour la Science*, *Science et Avenir*, *Science et Vie* – ont une diffusion plus forte que les revues d'archéologie, d'art et de littérature.

Toujours par comparaison avec les autres revues destinées à des jeunes ayant approximativement le même âge, *Cosinus* reçoit moins de courrier, ce qui traduit le fait que ses relations avec les lecteurs sont moins vivantes. Une partie du courrier provient d'adultes qui suggèrent des compléments aux informations contenues dans la revue. On y cherche, semble-t-il, un savoir encyclopédique, et non la découverte des connaissances scientifiques de base.

L'archéologie, les arts, les lettres font appel à l'imagination, à l'invention artistique ou verbale, et incitent les



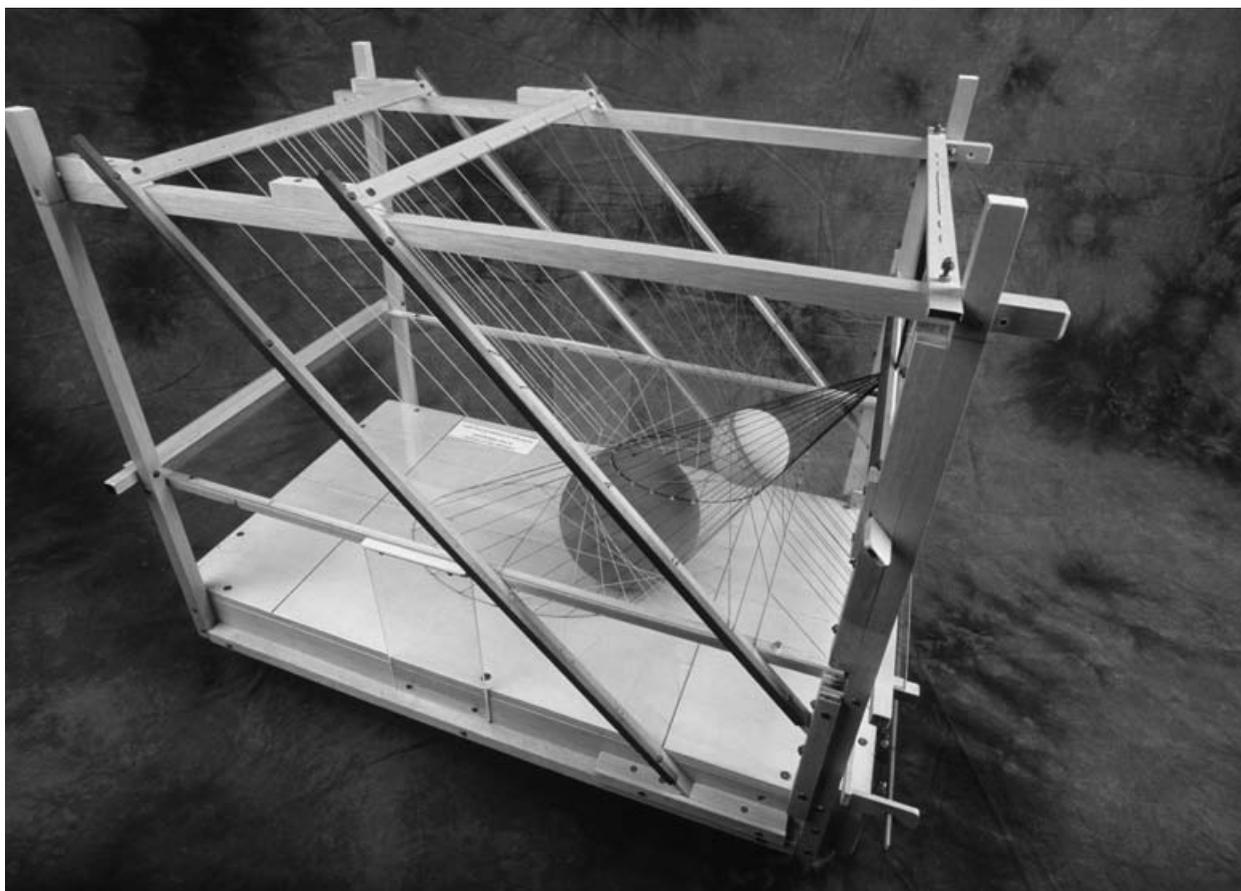
lecteurs à s'exprimer. Les sciences, quant à elles, rapportent des faits et dégagent des lois, qui laissent peu de place à la liberté d'expression.

A cela s'ajoute la difficulté qui tient à la disparité des centres d'intérêt auxquels la revue fait appel et, par conséquent, à la disparité des dispositions d'esprit chez ses jeunes lecteurs. Certains prennent un réel plaisir à résoudre des problèmes de maths, d'autres s'ouvrent à la physique grâce à la découverte des réalisations de la technologie, d'autres encore s'émerveillent en observant les plantes ou les animaux, d'autres, enfin, font de l'observation du ciel et de la prévision du mouvement des astres un passe-temps familier. Chez les jeunes lecteurs, le courrier est avant tout un lieu d'échange et la dispa-

- le premier a été la découverte de l'électricité et des forces cachées de l'électromagnétisme. L'apparence tranquille du monde inanimé – et du monde du vivant – repose sur l'équilibre de charges dont les forces colossales sont sans commune mesure avec ce qu'on observe habituellement. Les équations de Maxwell ont marqué le point de départ d'une voie de recherche très spécialisée ;

- Le deuxième événement est la découverte de la relativité générale, c'est-à-dire du fait que ni le temps ni l'espace n'existent, en dehors de l'usage que l'observateur en fait, dans son propre système de référence ;

- Le troisième événement, enfin, a été la mise en évidence, par la physique quantique, de particules qui



© Massimo Brega/LOOK AT SCIENCES

Un enfant peut découvrir par le jeu des notions mathématiques complexes (machine en bois décrivant l'intersection de sphères avec un cône, Université de Modène).

rité de leurs centres d'intérêt représente peut-être un obstacle.

Existe-t-il une unité de la science, qui puisse offrir des bases communes à toutes ces curiosités ?

Jusqu'au milieu du XIX^e siècle, on n'avait pas de raison d'en douter. Buffon avait pu commencer sa carrière comme mathématicien, dans un cercle proche de l'Académie, puis se signaler par des travaux en cristallographie et accomplir, ensuite seulement, son œuvre éminente de naturaliste. Mais trois événements (au moins) ont ébranlé l'unité de la culture scientifique :

remontent le temps, renversant l'ordre connu du lien de causalité.

Précédemment, la démarche scientifique (dans sa consistance, et dans sa légitimité) reposait sur les données *a priori* de la connaissance, définies par Kant : celles de la sensibilité (que sont le temps et l'espace) et le cadre inné de la connaissance (qui constitue le principe de causalité). A partir du XX^e siècle, le développement de la science a fait appel à une nouvelle démarche, moins intuitive, et plus formelle que celle qui avait servi de lien jusqu'alors entre les différentes branches du savoir. De ce fait, les promoteurs d'une physique rédui-



te à l'abstraction mathématique ont voulu l'imposer, non sans véhémence. Ainsi d'un Heisenberg, qui jugeait répugnante toute tentative d'expliquer la physique quantique en faisant appel aux données de la perception. Dans ce mouvement, les mathématiques ont, plus que jamais, affirmé l'existence de leur discipline pour elle-même.

Dans le passé, les mathématiques s'étaient nourries à deux sources : l'invention de concepts (qui permettaient de décrire avec précision les phénomènes observés expérimentalement et, grâce à un raisonnement déductif, d'établir des prédictions) et les jeux de l'esprit (pour lesquels les mathématiciens inventaient parfois des problèmes, créaient parfois de nouvelles entités, sources de nouveaux développements, qui ne trouvaient pas, le plus souvent, d'application immédiate). Le Père Mersenne et Pascal ont donné l'exemple de ces jeux gratuits. Certaines inventions trouveront une utilité, ultérieurement (par exemple : les équations de groupe, la géométrie de Riemann, les nombres complexes...).

Fortement sollicitées par la physique, au XX^e siècle, les mathématiques ont constitué un univers cohérent, une logique à l'état pur, un jeu de concepts définissant à la perfection un langage universel exempt d'ambiguïté et d'imprécision, sans aucune référence à la réalité. Il est évident qu'un tel modèle ne sera jamais globalement applicable au monde réel, dont l'observation sera toujours entachée d'imprécision, d'autant que les extrapolations mathématiques finissent toujours par être elles-mêmes source d'imprécision.

Mais aujourd'hui, l'univers mathématique ne demeure pas seulement une admirable construction de l'esprit. L'enseignement public l'a en effet imposé dans les programmes scolaires – aussi hermétique et abstrait soit-il – comme une entité qui doit pénétrer sans concession l'esprit des élèves. Pascal distinguait l'esprit de finesse et l'esprit de géométrie. Autrefois, au cours de ses humanités, tout collégien lisait Pascal et prenait plaisir à reconnaître en lui-même ces deux aptitudes et, à travers elles, à trouver sa voie dans le dédale des tâches que lui proposait sa scolarité. L'enfant, par le biais de la découverte des philosophes, avait l'occasion d'être son propre pédagogue.

L'esprit de finesse est du domaine de l'intuition. L'esprit de géométrie, qui génère la rigueur des

démonstrations, est le support du langage scientifique : les mathématiques, telles qu'on les enseigne aujourd'hui, ne représentent rien d'autre que la construction d'un langage spécifique. Elles tuent l'esprit de finesse. Pour accompagner l'enseignement, *Cosinus*, à ses débuts, n'a fait qu'emprunter la voie étroite de développements inédits ou peu divulgués mais conformes à cet enseignement. Les sujets de mathématiques, considérés comme originaux et présentés dans la revue, ont porté sur les gnomons, les tangrams, le carré chinois, les graphes eulériens, les nombres de Fibonacci, l'invention des codes secrets et leur déchiffrement, un aperçu de la théorie des jeux. *Cosinus* a exhumé des entités géométriques un peu oubliées : les symédianes, la droite d'Euler, l'hexagramme de Pascal. Nous étions

dans le domaine des jeux de l'esprit, tels qu'ils ont distrait les mathématiciens pendant des siècles, et dont il est difficile de soutenir qu'ils sont utiles à l'avenir d'un collégien. Si l'on sort de cette logique, on prend ses distances avec les programmes scolaires, et la revue s'écarte de son propos initial. La question se pose d'un apport utile à des esprits de cet âge qui, sans s'opposer aux apports de l'enseignement, relèverait d'une démarche différente. Demandons-nous ce qui est naturel, conforme aux données de la biologie, quant à l'évolution de cerveaux qui en sont encore, à ces âges, dans les dernières années de leur développement morphologique.

Dès la naissance, le cerveau d'un individu suit une phase de développement conditionnée par ses rapports avec l'environnement et au cours de

laquelle s'effectuent une sélection parmi des neurones, alors surabondants, et, pour ceux qui subsistent, l'acquisition d'une plus grande capacité de connexion et d'une spécialisation dans la connaissance du monde extérieur. Dans leurs détails anatomiques, ces neurones se présentent comme une transcription du monde extérieur. A ce lien étroit avec la nature s'ajoute un autre trait du développement du cerveau : celui-ci reproduit, chez chaque individu, les différents stades de l'anthropogénèse, avec une faible évolution de ce qu'on peut appeler (en gros) le cerveau primitif, siège des fonctions vitales et des réactions intuitives, et un développement rapide du cortex, où se localisent les apprentissages complexes et les abstractions. Pour illustrer cette vision schématique de l'évolution, rappelons



Offrir aux jeunes lecteurs une approche amusante des maths et des sciences, tel était le pari engagé par le lancement de *Cosinus*, en novembre 1999.

que c'est le seul développement du cortex qui a fait passer la capacité crânienne, de 640 cm³ chez *Homo Habilis* à entre 1 200 et 1 400 cm³ chez *Homo Sapiens*, en passant par entre 800 et 1 200 cm³ chez *Homo Erectus*. Le cerveau de l'enfant, qui suit cette évolution à très grande vitesse, est, tant qu'il n'est pas totalement achevé, plus intuitif que celui de l'adulte.

On a de bonnes raisons de penser que, dans l'évolution de l'Homme, c'est l'acquisition du langage qui a été le moteur du développement du cortex. Cela signifie qu'à un âge où les organes sièges de l'intuition ont leur pleine capacité – alors que le cortex, siège de l'intelligence verbale et de l'abstraction, est encore en cours de développement –, il conviendrait de laisser l'enfant acquérir des connaissances intuitives, même approximatives et fragiles, mais s'insérant facilement dans la représentation du monde qu'il porte en lui.

La pédagogie dérive de schémas théoriques d'acquisition des connaissances. Quand les pédagogues finalisent des programmes en faisant passer l'esprit intuitif sous les fourches caudines du langage et d'un enchaînement préétabli des connaissances, ils proposent aux collégiens non pas de s'épanouir librement, mais de devenir les perroquets des pédagogues.

Feynman, dans son cours de physique, explique qu'un mathématicien qui voudrait faire progresser la physique uniquement grâce aux mathématiques apporterait en réalité peu de choses à la physique, parce que les situations physiques réelles dépassent la signification stricte des équations. Il cite ensuite cette phrase de Dirac : « *Je comprends ce que signifie une équation si j'ai le moyen de comprendre les caractéristiques de sa solution, sans la résoudre effectivement* ». Par ces propos, Feynman met en évidence les mérites de la démarche historique – celle qui explique la physique par l'enchaînement des découvertes. Pourtant, il annonce, d'emblée, que son cours suivra la démarche opposée : « *Nous préférons d'abord prendre les lois complètes, et revenir en arrière les appliquer à des cas simples, tout en développant, chemin faisant, les concepts physiques* ». Il s'adressait à des étudiants de 3^e cycle, déjà conquis par

la science et à même d'absorber d'emblée les « lois complètes ». En outre, comme il l'a dit lui-même, il disposait de trop peu de temps pour re-parcourir le chemin de deux cents ans de découvertes et aboutir à l'expression complète des connaissances actuelles. Mais, à l'opposé, quand on demanda au prix Nobel de participer à l'évaluation des manuels utilisés dans l'enseignement secondaire en Californie, il dénonça le manuel de géométrie, dans lequel il déclara n'avoir trouvé « que des mots », un seul fait étant rapporté dans tout l'ouvrage.

Certains de nos manuels scolaires, entièrement construits sur la logique des mots, sont à l'instar du livre de géométrie que Feynman jugeait dérisoire, et sans doute l'enseignement de certaines branches des mathématiques dans les collèges français est-il dérisoire, tant il reflète l'ésotérisme de fait de ceux qui en déterminent le contenu.

A la question : « Comment pourrait-on rendre accueillant, et vivant, l'enseignement des mathématiques ? », la réponse pourrait être la suivante :

- en réduisant l'enseignement spécifique des mathématiques à l'apprentissage des symboles – comme on apprend l'alphabet ou les notes du solfège – et à l'étude des théorèmes qui reviendront souvent dans les développements ultérieurs ;
- en incluant la présentation des mathématiques plus spécialisées dans l'histoire des découvertes de la physique et en introduisant, à chaque fois qu'on doit effectivement les utiliser, les notions mathématiques nouvelles (la trigonométrie, les propriétés de l'ellipse, le nombre de Neper, les transformations, les vecteurs...) – ce qui revient à faire appel à l'intuition, afin d'en montrer l'utilité.

Alors, il serait possible à une revue éducative d'accompagner l'enseignement par des anecdotes historiques, et d'imaginer des expérimentations simples. Peut-être faut-il admettre que cette démarche est utopique, tellement sont rares les auteurs qui sont intéressés à replacer les mathématiques utiles dans le contexte historique de leur invention.