



Pour la Science

■ POUR LA

SCIENCE

Octobre 1999

édition française de
**SCIENTIFIC
AMERICAN**

*Comment voir
sous l'apparence*



Les faux en peinture



BLOC-NOTES

de Didier Nordon

7

TRIBUNE DES LECTEURS

8



JEU-CONCOURS

Le jeu du serpent

par Pierre Tougne

9

POINT DE VUE

L'avenir est dans le «post»

par Catherine Vidal

10

La réforme des programmes

par Jacques Treiner

10

PRÉSENCE DE L'HISTOIRE

Premiers vaccins, premières réticences

par Anne Marie Moulin

12

SCIENCE ET GASTRONOMIE

Les œufs de 100 ans

par Hervé This

16

PERSPECTIVES SCIENTIFIQUES

20



- Informatique vestimentaire ■ La baignoire d'Archimède ■ Les minoritaires font mouche
- L'espion et l'ADN ■ Anti-inflammatoires de demain?
- Lacs ou océans? ■ Le gène du stimulateur cardiaque
- Dissymétrie de la nature ■ Ça vous chatouille?

IDÉES DE PHYSIQUE

L'épopée du nickel

par Roland Lehoucq et Robert Mochkovitch

100

VISIONS MATHÉMATIQUES

Graphes et chorégraphes

par Ian Stewart

102

LOGIQUE ET CALCUL

Un nombre premier à 50 000 \$

par Jean-Paul Delahaye

104

ANALYSES DE LIVRES

110



■ Cours d'algèbre. Primalité. Divisibilité. Codes, de Michel Demazure ■ La Grande Guerre chimique, 1914-1918, d'Olivier Lepick ■ Les apprentis sorciers : Fritz Haber, Werner von Braun, Edward Teller, de Michel Rival ■ Atlas historique des dinosaures, de Mike Benton ■ Apprendre!, d'André Giordan

Dossier : L'informatique de demain

La révolution de l'informatique

32

par Michael Dertouzos

L'infrastructure informatique nommée *Oxygen*, en cours de mise au point, facilitera l'accès aux informations réparties dans le monde. Enfin, les hommes pourront en faire plus en en faisant moins.



Conversation avec votre ordinateur

38

par Victor Zue

Comment commander les ordinateurs sans lever le petit doigt.



Les caméléons de la communication

40

par John Guttag

Nos téléphones mobiles seront bientôt remplacés par des appareils qui seront à la fois des téléviseurs, des messagers de poche, des radios, des ordinateurs...



Une puce universelle

42

par Anant Agarwal

Constituée de circuits qui se réorganisent automatiquement selon les tâches à accomplir, la puce Raw est au cœur du projet *Oxygen*.

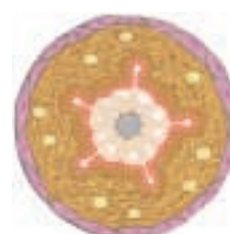


Les nouvelles armes contre l'asthme

46

par Marc Humbert

Des médicaments mieux ciblés bloquent les mécanismes allergiques responsables de cette maladie chronique et soulagent les difficultés respiratoires des malades, dont le nombre ne cesse d'augmenter.



Chaque mois, retrouvez le sommaire complet de la revue **en ligne** avec pour chaque article une bibliographie et un complément d'information.

www.pourlascience.com

La migration des planètes

54

par Renu Malhotra

Le Système solaire a-t-il toujours eu sa conformation actuelle? De nouvelles observations laissent penser que la position des planètes externes a changé en raison d'interactions avec des petits objets.



Le développement moral des enfants

64

par William Damon

Les enfants ont un sens aigu du bien et du mal. Ils ont également besoin de s'engager pour leurs idéaux. Les parents peuvent les y aider.



Les jardins et les zoos dans l'Antiquité

72

par Karen Polinger Foster

Il y a plus de 4 000 ans, les rois d'Égypte et de Mésopotamie commencèrent à collectionner des animaux exotiques et des plantes ornementales rares.



Le méthane dans les océans

80

par E. Suess, G. Bohrmann, J. Greinert et E. Lausch

Les hydrates de méthane présents dans les océans contiennent plus d'énergie que la totalité des réserves mondiales de combustibles fossiles.



Le vrai et le faux en peinture de chevalet

90

par Patrick Le Chanu

À l'aide de techniques d'examen et d'analyse, le scientifique peut discerner les indices d'une falsification artistique. Pour d'autres questions, telle l'attribution d'une œuvre, les progrès sont plus lents.



Roland Dorgelès, excellent écrivain et critique d'art iconoclaste, avait introduit subrepticement un buste de plâtre fraîchement sculpté dans la galerie des antiquités romaines du Louvre. L'ajout était passé inaperçu pendant une semaine, quand Roland Dorgelès, revenant dans la galerie, le détruisit à grands coups de cannes en hurlant : «C'est un faux, c'est un faux.» Ce qui était vrai.

Dorgelès justifia son geste au commissariat de police, en affirmant qu'il avait voulu attirer l'attention des pouvoirs publics sur les nombreux faux qui ont une place indue dans les musées et les collections.

Aujourd'hui, la fraude est plus aisément décelée. Les analyses chimiques indiquent la composition des pigments et leurs possibles incompatibilités avec les ingrédients que les artistes utilisaient aux différentes époques. Les photographies en infrarouge et en ultraviolet établissent la chronologie des différentes couches, et la position superficielle d'une signature dénote une contrefaçon grossière (voir *Le vrai et le faux en peinture de chevalet*, page 90).

Hélas, quand il s'agit de l'attribution d'un tableau à un maître ou à un copiste, la science de la reconnaissance des formes est encore balbutiante, ce qui inquiète les spéculateurs, l'ignorance et la cupidité étant les mamelles de la contrefaçon artistique.

Les historiens de l'art ne sont pas aussi marris de l'existence de contrefaçons : les copies d'un tableau de maître, souvent réalisées par des contemporains, quelquefois dans le même atelier que l'œuvre originale, révèlent les caractéristiques d'une nouvelle facture. Les amplifications et les surinterprétations soulignent l'originalité et le talent d'un artiste ou d'une école, tout comme la pathologie du fonctionnement d'un organe éclaire sa fonction normale, tout comme la caricature exacerbe les traits singuliers d'un personnage.

Contrairement à la vérité, le mensonge ne gagne rien à être répété, aurait dit Einstein pour fustiger les politiciens. En reconnaissance artistique, cela n'est pas toujours vrai, car la reproduction éclaire une vérité de l'œuvre.

PHILIPPE BOULANGER

L'homme a trouvé sa voix

L'éléphant barrit, le chameau blatère, l'oie cacarde, la perdrix cacabe, le hibou hulule, le renard glapit, la cigale stridule, le crapaud coasse, le corbeau croasse, le jars jargonne, le geai jase, la colombe roucoule, le tigre feule, le lion rugit, la poule caquète, le chien aboie, le chat miaule, le cheval hennit, l'âne brait...

L'homme pense.

d'ossements et de revenants, les fantômes et les spectres, les têtes de mort et les tibias en croix. Si les mathématiciens avaient eu assez de jugeote pour conserver les termes évocateurs avancés par Jacques Tits, on aurait assisté à ce spectacle merveilleux : des foules de parents d'élèves inquiets de voir leurs enfants se consumer nuits après nuits dans leur passion fiévreuse pour les mathématiques.

sait à la vérité morale – et qu'il avait, en exprimant sa pensée, un petit sourire amusé et ironique.

Les scientifiques ne devraient-ils pas prendre avec infiniment de sérieux ce philosophe s'ils croient que cette phrase est vraie ? Les scientifiques n'abuseraient-ils pas de la vérité ?

Même si la moitié de leurs articles sont faux, il en reste des milliers qui sont vrais. Tragiquement vrais, désespérément vrais, sans aucune chance d'être un jour réfutés ! C'est l'overdose. Personne ne peut ingurgiter tout cela, ni se faire une opinion éclairée sur la valeur et la portée de ces divers résultats. Résultat, la chance, le hasard, la mode, le bluff, l'habileté médiatique des auteurs jouent un rôle prépondérant dans l'écho que reçoivent ou non leurs publications. À force de vérités, la vérité est devenue un critère secondaire.

L'abus de vérité est dangereux pour la pensée.

Morbidité et mathématiques

L'histoire de l'humanité est une suite d'occasions manquées. Vers les années 1950-1960, des notions nouvelles s'étant imposées en mathématiques, il a fallu trouver des noms, eux aussi nouveaux en mathématiques, pour les désigner. Le géomètre Jacques Tits proposa les termes «squelette», «cimetière» et «ossuaire». Ces notions sont, paraît-il, devenues aujourd'hui centrales dans d'importants chapitres de géométrie. Hé bien, que croyez-vous qu'ont fait ces nigauds de mathématiciens ? Ils ont peu à peu renoncé aux mots proposés par Jacques Tits, les remplaçant par «mur», «appartement» et «immeuble».

Erreur fatale ! Cette substitution de termes a ruiné la meilleure chance qu'avaient les mathématiques d'attirer le public, en particulier celui d'âge scolaire. Les jeunes apprécient par-dessus tout les jeux morbides et les messes noires, les histoires

Au quatrième top...

Pour améliorer la précision avec laquelle on évalue une grandeur, une méthode éprouvée consiste à effectuer plusieurs mesures, puis à faire leur moyenne.

Exemple. Dans votre demi-insomnie, vous percevez vaguement la série de coups sonnés par un clocher lointain : cinq. Quelques instants après, comme il est d'usage, le clocher sonne une seconde volée ; vous recomptez les coups : quatre. Conclusion : il est très exactement quatre heures et demie.

Tâchez de vous rendormir.

Abus de vérité

«**L**a vérité étant le plus précieux des biens, il faut en user avec modération et retenue.» J'ignore dans quel contexte le rabbin Schlomo Rosenbach a fait cette déclaration. Je suppose qu'il pen-

Rien n'est dans tout

Certains auteurs expriment un regret. Selon eux, le fait que nous enregistrons tout empêchera un double travail essentiel de se faire. D'abord, le choix, par nous, de la façon dont nous voulons nous présenter face à la postérité. Ensuite, le choix, par la postérité, de la façon dont elle veut se représenter notre époque. L'exhaustivité est le contraire du travail de culture.

Cette analyse pêche sur un point. Même si nos enregistrements résistent au temps, une chose est sûre : nous aurons enregistré tout... sauf ce qui intéressera la postérité ! Comme toutes les sociétés, la nôtre repose sur des valeurs implicites, transparentes pour elle.

Certaines idées, conceptions, croyances vont tellement de soi, à nos yeux, que nous ne les percevons jamais, que nous sommes incapables de les exprimer. Sans que nous y songions, elles nous imprègnent, nous façonnent et forment l'air du temps, notre fonds commun à tous, ici et maintenant, grâce auquel des êtres en apparence opposés ont en réalité assez de connivence pour vivre ensemble et concourir au fonctionnement de la même société. Ce qui fera mourir de curiosité nos successeurs à notre égard, aucun doute, ce sera cela.

Et il faudra bien qu'ils le découvrent tout seuls.

Nazis dans le rétro

«**C**e qui n'est pas éthique n'est pas scientifique», disait un médecin célèbre, dans son désir de croire à tout prix qu'une recherche coupable sur le plan moral est nécessairement erronée sur le plan scientifique. Déclaration choquante : il suffirait donc d'être bon scientifique pour être exonéré de toute responsabilité morale ou éthique. Passer de la morale à la science comme si elles relevaient du même ordre est incohérent.

Voici un exemple, encore plus choquant que la phrase ci-dessus. Il est tiré de la présentation d'un livre d'Ernst Klee, *La médecine nazie et ses victimes* (Solin – Actes Sud, 1999) : «Ernst Klee nous fait découvrir une légion de bourreaux en blouse blanche qui commettaient des crimes abominables en se retranchant derrière les exigences la plupart du temps absurdes d'une "recherche sans entraves". L'auteur montre que la force scientifique médicale et pharmaceutique allemande d'aujourd'hui repose en partie sur cet "avantage" d'avoir, en toute impunité, disposé pendant de nombreuses années de cobayes humains.»

Je ne critique pas le livre d'Ernst Klee, description terrifiante de ce qu'ont fait les nazis. Je dis que, quand on suppose que les impératifs scientifiques et les impératifs moraux sont de même nature, on en vient à des inepties, comme d'écrire d'un même trait de plume que les exigences des médecins nazis étaient absurdes et qu'elles les ont aidés à asseoir leur prééminence scientifique.

Polyox

Dans son livre *Les objets fragiles*, Pierre-Gilles de Gennes cite un produit, le polyoxyéthylène, ou Polyox, qui, en faible quantité, augmente considérablement la fluidité de certains liquides (par exemple, le système d'égouts à bout de souffle de la ville de Bristol). Serait-il possible, si ce produit est peu ou pas toxique, de l'utiliser en médecine pour faciliter l'écoulement sanguin, soit pour des soins d'urgences, telle une embolie, soit pour des traitements plus longs contre la mauvaise circulation du sang ?

Daniel TOULOTTE, Puyméras

Réponse de P.-G. de Gennes

Le Polyox est assez bio-compatible et permet de modifier des écoulements turbulents. Cependant, il s'agit de polymères de masse moléculaire très élevée (10^6). Or, le rein n'élimine que les molécules de masse inférieure à environ 10^4 . Il me paraît donc exclu de l'utiliser.

Sous la douche

J'adore les chroniques de Didier Nordon, cependant, aujourd'hui, je ris un peu jaune puisque me voilà épinglé (voir *Bloc-notes*, *Pour la Science*, septembre 1999), mais je ne lui en veux pas. Je trouve ses critiques à l'égard du livre de Guitta Pessis-Pasternak tout à fait fondées et sa réaction fort saine. La chute de sa note souligne à mes yeux le caractère macho et pontifiant de ce recueil d'articles de «grands hommes» : tout à fait ce que mon féminisme viscéral trouve intolérable.

Sachez, pour la petite histoire, que je n'ai jamais été interrogé par la rédactrice de l'ouvrage. Son travail s'est borné à m'extorquer une page de présentation de mes livres dans *Libération*. Elle a ensuite repris ce texte et s'est contentée, dans une interview imaginaire, de glaner quelques phrases de mes livres, pas les plus modérées, vous vous en doutez...

Je ne peux pas nier le caractère passionné de mes interventions et l'outrance occasionnelle (!) de l'expression qui vous ont choqués. Que voulez-vous, il semble que je pose des questions tout à fait inconvenantes comme : «L'Univers est-il soumis à des lois ?» ou que je lance des affirmations tout à fait loufoques comme : «L'infini : ça n'existe pas.» Alors, à force de rebuffades, on s'énerve ! Il est certain que le texte d'Hubert Reeves fera moins de vagues, car son auteur est diablement plus tolérant.

Christian MAGNAN, Montpellier

Confiance

Par honnêteté scientifique, je pense que Philippe Hartemann, dans *La précaution, jusqu'où ?* (voir *Pour la Science*, septembre 1999), ne voit qu'une partie du problème en considérant que l'hyper-réaction du public au risque est juste une réaction scientifique à l'égard de microgrammes de dioxines, alors qu'elle est tout autant affaire de sociologie et de politique. La crise de confiance actuelle est parfaitement rationnelle : elle s'exerce à l'encontre d'une science trahit de plus en plus sa mission première – le progrès au service de l'humanité – pour se divertir en une technoscience à la seule dévotion du marché et des puissances de l'argent.

Le public, de plus en plus lucide et de mieux en mieux informé (du moins en Europe), perçoit clairement que les risques des dioxines ou des OGM sont, certes, ceux vis-à-vis de la santé et de l'environnement, mais aussi et surtout ceux que les multinationales de l'agrochimie et de l'alimentaire font courir aux sociétés humaines et, peut-être, à la planète entière, par leur recherche incontrôlée du profit à court terme. Ce n'est pas du tout la même chose, et les meilleures explications scientifiques sont inopérantes, car en grande partie à côté du problème.

Pierre-François LAGET, Saint-Avertin

Réponse de Philippe Hartemann

Je partage tout à fait l'avis de P.-F. Laget sur le fait que la réaction du public au risque comporte autant une part sociologique ou politique qu'une part purement rationnelle scientifiquement fondée. Il est exact que je n'ai pas abordé cet aspect de la question, par incompréhension de ma part dans le domaine du sociologique et parce que l'attitude de certains dans cette réaction dérive vers la métaphysique, voire le domaine du sacré, qui sont trop loin des aspects purement scientifiques.

J'ai cependant introduit la notion de risque socialement acceptable par rapport à celle du risque envisagé dans sa seule dimension probabiliste. Il est effectivement clair que le public a une anxiété croissante devant l'utilisation du progrès scientifique par des multinationales de l'agrochimie et de l'alimentaire, dont la puissance financière, voire politique, et les moyens de laboratoire sont très largement supérieurs à ceux de la plupart des États. Cette anxiété se traduit par une forme de rejet de tout ce qui peut apparaître comme menaçant pour l'avenir, et il est exact que, dans ce contexte, les meilleures explications scientifiques sont inopérantes.

Cependant, il me semble du devoir du scientifique et du médecin spécialisé en santé publique de tenir le cap de la rationalité, tant vis-à-vis du public que des autorités et de ces sociétés, en cherchant à garantir un niveau de risque acceptable, tant pour la santé de la population que pour l'avenir des hôtes de cette planète. C'est donc cette seule ligne qu'il me semble possible d'avancer, afin de maintenir ma crédibilité vis-à-vis de ces trois interlocuteurs, souvent difficilement conciliables, tout en sachant que, de toute façon, il y a plus de coups à prendre que de reconnaissance et que l'on sera toujours suspect de compromission pour l'un ou l'autre camp.

Neutrinos

Dans l'article *La détection des neutrinos massifs* (voir *Pour la Science*, septembre 1999), les auteurs n'ont pas estimé utile de préciser qu'en réalité, en 1956, c'est l'antineutrino qui a été détecté, et non pas le neutrino.

Pourtant, Frederick Reines et Clyde Lorrain Cowan ont probablement publié le résultat de leur ingénieuse expérience en parlant d'antineutrino. Il est vrai que, dès lors que l'existence de l'antineutrino était établie, on pouvait en inférer celle du neutrino.

Ensuite, il restait à déterminer si le neutrino était ou non identique à son antiparticule. Cela justifiait amplement une nouvelle expérience destinée, cette fois, à la détection des «vrais neutrinos».

Raymond Davis vérifia que son piège à neutrinos ne détectait pas les antineutrinos, ce qui établit que l'antineutrino n'était pas identique au neutrino. Ensuite, il exposa son dispositif (une cuve contenant un solvant organique nommé tétrachloroéthylène) au flux des neutrinos solaires, et il put annoncer, en 1968 (et non en 1969, si ma source est bonne), qu'il avait détecté des neutrinos.

Mais comme il n'en a détecté que le tiers de ce qu'il attendait, il est apparu que les choses étaient plus compliquées qu'on ne l'avait cru d'abord. Les oscillations des neutrinos furent suggérées en 1963 par un groupe de physiciens japonais.

Francis PENIN, Vineuil

Écrivez à *Pour la Science* vos réactions, vos commentaires et vos réflexions sur l'actualité scientifique et vos relations avec la science. L'adresse de *Pour la Science* sur Internet est : tribune@pouirlascience.fr. Découvrez d'autres contributions de lecteurs sur le site Web www.pouirlascience.com.

JEU-CONCOURS N° 64

PIERRE TOUGNE

Le jeu du serpent

Certains possesseurs de PC ont dû jouer au petit jeu sous windows dénommé *Amazon Skulls*. Le principe est le suivant : sur un damier de $n \times m$ cases, chaque joueur pose à son tour un pion qui doit être adjacent horizontalement ou verticalement au pion déposé précédemment par son adversaire (sauf bien sûr pour le premier coup) et ne pas être au contact verticalement ou horizontalement avec aucun autre pion précédemment joué. Le perdant est le joueur ne pouvant plus jouer selon la règle. Sur la figure, nous avons représenté une situation sur un damier 4×5 où les pions sont de couleurs différentes afin de suivre l'évolution du jeu. Les chiffres indiquent l'ordre des coups. Blanc peut encore jouer un coup, et Rouge perd.

Les damiers proposés sont 5×6 , 8×8 et 12×12 et si c'est l'ordinateur qui joue

en premier (le premier coup semblant choisi au hasard), le jeu est assez intéressant. En revanche, si vous pouvez jouer en premier comme vous le propose l'ordinateur, le jeu

perd de son intérêt, car il y a une stratégie gagnante à tout coup sur chacun des damiers 5×6 et plus généralement sur les damiers $n \times n$? Ce jeu étant un jeu impartial fini (pas de partie nulle possible), il doit y avoir une stratégie gagnante

pour le premier ou le deuxième joueur selon le terrain. Quel est le joueur gagnant sur les damiers $1 \times n$ et $2 \times n$?



Envoyez vos réponses aux questions à
Pour la Science, 8, rue Férou, 75006
 Paris. Parmi les réponses exactes reçues
 pendant le mois d'octobre 1999, dix
 gagnants tirés au sort recevront un livre.

RÉPONSE AU JEU-CONCOURS N° 62

Le nombre 196 ne conduisant jamais à un palindrome, tout nombre engendré par celui-ci aura la même propriété. Prenons le premier, $196 + 691 = 887$ et cherchons des antécédents de ce dernier, soit (abc) l'un d'eux. On doit avoir $(abc) + (cba) = 887$. Trois cas se présentent : soit $c + a = 7$, $2b = 8$, $a + c = 8$, ce qui est impossible ou encore $c + a = 17$, $2b + 1 = 8$ ou 18 , là aussi impossible, enfin $c + a = 7$, $2b = 18$, $a + c + 1 = 8$ qui donne à $b = 9$ et $a + c = 7$ d'où les sept solutions 790 (et non 97!), 196, 691, 295, 592, 394, 493 cherchées.

En base 2, on vérifie vite que les nombres depuis 1 à 21 (en décimal) conduisent à un palindrome (la plus longue attente étant pour 20 qui nécessite cinq additions). Pour $22 = (10110)_2$, les premières itérations donnent $n_1 = 100011$, $n_2 = 1010100$, $n_3 = 1101001$, $n_4 = 10110100$, ..., et enfin $n_8 = 1011101000$ ou, en regardant les chiffres soulignés, on voit apparaître une récurrence possible après quatre additions de $101^n 010^n$ vers $101^{n+1} 010^{n+1}$ (où x^n

désigne n fois le chiffre x). La démonstration est résumée dans les quatre additions suivantes :

$$\begin{array}{r} 10 \ 1^{n-2} \ 1101 \ 0^{n-2} \ 00 \\ + \ 00 \ 0^{n-2} \ 1011 \ 1^{n-2} \ 01 \\ \hline 11 \ 0^{n-2} \ 1000 \ 1^{n-2} \ 01 \\ + \ 10 \ 1^{n-2} \ 0001 \ 0^{n-2} \ 11 \\ \hline 101 \ 1^{n-2} \ 1010 \ 0^{n-2} \ 00 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 10 \ 1^{n-1} \ 101 \ 0^{n-1} \ 00 \\ + \ 00 \ 0^{n-1} \ 101 \ 1^{n-1} \ 01 \\ \hline 11 \ 0^{n-1} \ 010 \ 1^{n-1} \ 01 \\ + \ 10 \ 1^{n-1} \ 010 \ 0^{n-1} \ 11 \\ \hline 101 \ 1^{n-1} \ 101 \ 0^{n-1} \ 00 \end{array}$$

Chaque nombre intermédiaire n'étant pas un palindrome, 22 n'engendra jamais un palindrome. En base 4, $(3333)_4 = 255$ conduit à un cycle d'itérations d'ordre 6 qui montre que 255 n'engendre pas de palindrome et c'est le seul autre cas démontré bien que dans chaque base il semble qu'il existe de tels nombres.



L'avenir est dans le «post»

CATHERINE VIDAL

Les biologistes se sont entichés des gènes. Il est urgent de revenir à la physiologie.

Les experts en sciences – durs et molles – l'affirment : le futur est dans le «post», le post-génomique et la post-humanité. Serions-nous tous des post-modernes ?

Les progrès de la génomique, mariage de la biotechnologie et de la génétique, laissent prévoir que la composition de notre patrimoine héréditaire sera décryptée aux alentours de 2003. D'énormes intérêts sont en jeu : rien de moins que déterminer les gènes impliqués dans les maladies, les étudier et déposer des brevets pour que l'industrie pharmaceutique les exploite. Dans la course au séquençage du génome humain, les chercheurs français, malgré un bon départ (en 1992, Daniel Cohen et Jean Weissenbach publiaient la première cartographie), affichent un sérieux retard par rapport aux pays anglo-saxons.

Pour tenter de redresser la barre, la France réagit en lançant une action de grande envergure, dite «post-génomique», dans le domaine de la santé humaine. Cette action incitatrice mise sur l'après-génome, à savoir, selon François Gros, «l'exploration fonctionnelle des gènes axée sur la physiologie et l'embryologie». Heureuse surprise ! S'agirait-il enfin d'une redécouverte des disciplines fondatrices de la biologie expérimentale ? Depuis 20 ans et plus, la physiologie est une discipline de connotation «ringarde» face à l'explosion de la biologie moléculaire, des biotechnologies et autres génomique et protéomique, sans oublier la petite dernière, la cognitique !

Un objectif majeur du séquençage est la découverte de gènes médicalement intéressants dans le cancer, les maladies cardio-vasculaires, les troubles du métabolisme, les maladies psychiatriques et le vieillissement. En conséquence, les biologistes seront bien obligés de se pencher sérieusement sur la physiologie des animaux génétiquement modifiés (essentiellement des souris), fabriqués pour servir de modèles aux pathologies humaines. La réalisation de cet ambitieux programme nécessite des compétences... qui disparaissent : qui, dans nos laboratoires,

sait encore faire une trachéotomie, mesurer la pression artérielle, enregistrer des neurones *in vivo*, analyser le comportement ? Acquérir une formation solide dans les domaines de la physiologie et du comportement prend des années.

Faudra-t-il, en attendant la relève, passer par des sociétés de service – il en existe déjà – qui proposent de réaliser le screening morphologique, physiologique et comportemental des animaux transgéniques qui leur sont confiés ? Passe encore pour les analyses classiques comme la biochimie du sang ou le diagnostic des tumeurs. Mais comment leur confier les tests comportementaux quand on sait l'importance de l'environnement dans l'évaluation des tests ? Un exemple flagrant vient d'être publié : la même étude comportementale réalisée en parallèle dans trois laboratoires américains sur une même lignée de souris génétiquement modifiées a donné des résultats qui se contredisent complètement. Pourtant les tests étaient réalisés avec les mêmes critères et les souris étaient génétiquement identiques. Seuls les chercheurs et les lieux différaient. Dans cette étude, ce n'est pas la pertinence des tests qui est en cause, mais bien la nécessité de prendre en compte l'environnement, de reproduire les expériences, d'y consacrer du temps et de la réflexion, tâches difficilement compatibles avec les critères de rentabilité d'une société privée...

Un des développements très attendus de la génomique est celui de la pharmacogénétique. La question est de comprendre pourquoi un médicament donné est actif sur seulement une partie des malades. La réponse passe «bien sûr» par l'identification des gènes responsables. Ainsi, à terme, nous serons en mesure de personnaliser un traitement en fonction de la carte génétique de chacun. La cause semble entendue : les recherches menées sur le patrimoine héréditaire serviront au bien-être de l'humanité.

Aux États-Unis, le déterminisme génétique imprègne les esprits depuis des lustres. Rien d'étonnant dans ce contexte que le politologue américain Francis Fukuyama, qui, en 1989, nous prédisait la «fin de l'histoire», ait révisé sa théorie pour l'inscrire dans ce qu'il appelle la «post-humanité». Pour F. Fukuyama, le fait que la démocratie libérale capitaliste (à savoir le système des États-Unis) n'ait plus de concurrent idéologique marque la fin de l'évolution des institutions humaines, politiques et économiques. Cependant «l'histoire ne peut s'achever aussi longtemps que les sciences de la nature contemporaines ne sont pas à leur terme. [...] La biotechnologie nous donnera les outils qui nous permettront d'accomplir ce que les spécialistes d'ingénierie sociale (en l'occurrence le système marxiste) n'ont pas réussi à faire. À ce stade, nous en aurons définitivement terminé avec les êtres humains en tant que tels.»

La post-humanité nous attend, grâce au clonage ! Que F. Fukuyama soit un penseur génial ou un mystificateur, sa nouvelle thèse a suscité les réactions d'éminents sociologues et historiens. Pour André Pichot, épistémologue, «Fukuyama répète bêtement ce que les généticiens d'aujourd'hui prétendent. S'il avait la moindre compétence en ce domaine, il saurait que, loin d'être une manifestation de la puissance d'une science parfaitement maîtrisée, ces biotechnologies sont d'assez misérables bricolages empiriques. Loin d'ouvrir une nouvelle "histoire au-delà de l'humain", elles traduisent la dérive d'une discipline» (*Le Monde*, juin 1999).

La polémique est de taille. Or les généticiens sont restés curieusement absents des débats sur la post-humanité... Attitude délibérée ou non ? Mais alors qui va se charger d'expliquer que le clonage est un outil limité, que l'être humain n'est pas réductible à ses gènes et que la pensée n'est pas programmable ? Pourquoi pas les physiologistes ?

Catherine VIDAL est chercheur en neurobiologie.

La réforme des programmes

JACQUES TREINER

Pourquoi réformer le programme de physique, en Seconde, alors que les précédents changements ne dataient que de 1992?

Le nouveau programme de physique de Seconde, applicable à la rentrée 2000, modifie profondément le programme actuel. Fallait-il tout changer une fois de plus?

Au cours des 50 dernières années, l'enseignement de la physique au lycée a été réformé en profondeur deux fois. La première réforme a cherché à moderniser l'enseignement de la discipline en intégrant les grandes idées du xx^e siècle. La seconde a voulu répercuter le développement technique qui structure notre environnement quotidien.

Dans les années 1970, un travail de fond identifia notamment l'importance des symétries et des lois de conservation. Malgré la qualité de la réflexion sous-jacente, les programmes ont finalement imposé un enseignement trop abstrait et relativement formel... jusque dans les travaux pratiques ! Ainsi, la célèbre table à coussin d'air permet de se placer dans une situation qui n'existe jamais dans le monde réel, à savoir un monde sans frottement. Un élève de Seconde relie mal les expériences réalisées avec ce dispositif aux phénomènes de la vie courante. Utiles en Terminale, ces tables étaient inadéquates pour une initiation à la physique.

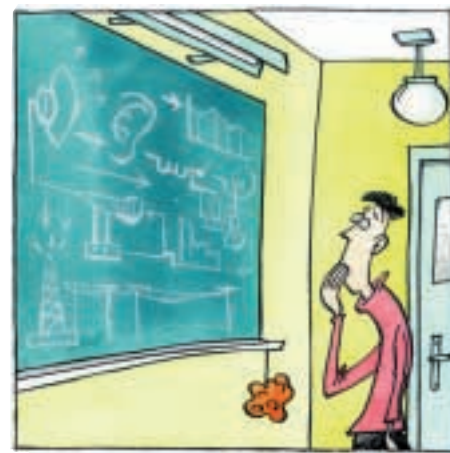
Vers la fin des années 1980, une réaction plaça alors l'objet technique au centre des préoccupations : pour séduire et rendre la discipline attrayante, pourquoi ne pas partir des objets familiers ? Et quoi de plus familier que la production et la réception du son ? La mise en pratique de cette idée se heurta vite à divers obstacles, dont le plus important est le suivant : une chaîne hi-fi, comme tout objet moderne, est un concentré de trois siècles de science. Toute la physique y est à l'œuvre : électricité, magnétisme, mécanique, ondes... Les objets techniques modernes sont d'une telle complexité que l'objectif pédagogique ne peut être tenu. Il suffit d'ouvrir un livre de Seconde actuel pour mesurer l'ampleur de la difficulté. Au hasard, dans l'un des ouvrages disponibles : le chapitre «réception sonore» commence par une

description de l'oreille interne, définit ensuite l'intensité acoustique et le décibel (avec un encadré sur la fonction logarithme !), présente l'audiogramme, puis, sans transition, introduit le phénomène d'induction magnétique pour expliquer le fonctionnement d'un microphone, en signalant au passage que les alternateurs de l'EDF utilisent aussi ce phénomène... Comment un élève moyen peut-il se repérer dans un tel parcours ?

Il nous a semblé urgent de revenir à un contenu plus fondamental et plus maîtrisable par des élèves qui, en majorité, n'optent pas pour la filière scientifique : le programme doit faire sens par lui-même. Avec l'exploration de l'Univers pour fil conducteur, le programme est structuré autour des grandeurs physiques de base : espace, temps, mouvements et forces, température et pression.

Les thèmes «Espace et temps» mettent en place des ordres de grandeur. Déterminer la distance d'un objet par paralaxe, mesurer le rayon de la Terre (méthode d'Érathostène) et la taille d'une molécule (expérience de Benjamin Franklin) sont des activités qui couvrent 15 des 40 ordres de grandeur observables (de la taille du noyau à la distance parcourue par la lumière depuis l'époque estimée du Big-Bang).

Le thème «Mouvements et forces» a un but précis et limité, mais ambitieux : montrer la genèse du principe d'inertie à partir d'exemples courants et utiliser ce principe pour mettre en évidence des forces. Le support de cette partie est la gravitation (du projectile au satellite). La conception aristotélicienne du mouvement (où la vitesse était le signe d'une force appliquée) est mise en regard de la conception galiléenne-newtonienne (c'est le changement de la vitesse qui révèle une force appliquée). Enfin on propose, par l'interprétation des concepts de température et de pression en termes de mouvements de particules, de discuter le passage du monde microscopique au



monde macroscopique. L'objet d'étude support de cette partie est l'atmosphère.

Pour encourager la compréhension qualitative, l'accent est mis sur l'expérimentation. Toutefois, de même que la formalisation ne s'identifie pas avec la manipulation mathématique, l'expérimentation ne s'identifie pas avec la manipulation du matériel. L'utilisation des mathématiques et du «langage de la matière» ne doivent pas se substituer à l'utilisation de la langue naturelle, qui demeure celle de la question que l'on se pose et de la formulation des résultats. Toute mise en équations doit être précédée par une phase de modélisation du système étudié. Faute de quoi la physique devient prétexte à «faire des mathématiques». De même, une phase de questionnement doit précéder toute expérience : quel dispositif dois-je mettre en place pour tester telle hypothèse ? que va-t-il se passer si j'effectue telle perturbation du système ? L'oubli trop fréquent de cette phase de questionnement conduit à des travaux pratiques «presse-bouton» où l'on peut avoir tout fait et rien appris.

Le succès de la nouvelle réforme dépendra essentiellement de la bonne mise en œuvre pédagogique de ces questionnements. L'enseignement scientifique doit montrer comment les connaissances sont élaborées, quels sont les protocoles théoriques et expérimentaux mis en place par la science au cours de son développement historique, et en quoi ces protocoles sont spécifiques de la science. Peut-être sera-t-il ainsi possible de faire sentir la nature de la vérité à laquelle prétend la science.

Jacques TREINER est président de la commission des programmes de Physique / Chimie au ministère de l'Éducation nationale.

Envoyez-nous vos commentaires sur ce nouveau programme, nous ouvrons un forum sur le site de *Pour la Science* <http://www.pourlascience.com/>.

