

Pour la Science

■ POUR LA

SCIENCE

Juin 1999

édition française de

SCIENTIFIC
AMERICAN

Dossier : *La sécurité sur l'Internet*

Canada : \$ 8,75

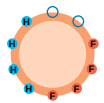
Les raz-de-marée



BLOC-NOTES

de Didier Nordon

5



JEU-CONCOURS

Dîner de mathématiciens

par Pierre Tougne

6

TRIBUNE DES LECTEURS

7



POINT DE VUE

La déformation par la recherche

par Bernard Beauzamy

8



PRÉSENCE DE L'HISTOIRE

Les découvertes oubliées d'Alan Turing

par Jack Copeland et Diane Proudfoot

12



SCIENCE ET GASTRONOMIE

Arômes ou réactions ?

par Hervé This

16



PERSPECTIVES SCIENTIFIQUES

■ L'astronome astrologue ■ L'amour est aveugle

■ Un très vieux atelier ■ Turbulence et transition

de phase ■ Les papillomavirus ■ Une «perle de soufre»

■ Cartes d'extinction ■ Calcul verbal

20



IDÉES DE PHYSIQUE

Le gravidyne

par Roland Lehoucq

100



LOGIQUE ET CALCUL

Premiers jumeaux frères ennemis?

par Jean-Paul Delahaye

102

VISIONS MATHÉMATIQUES



Tours, tortillements, topologie et téléphone

par Ian Stewart

108



ANALYSES DE LIVRES

■ Les Orchidées de France, Belgique et Luxembourg, ouvrage collectif de la Société française d'Orchidophilie, sous la direction de Marcel Bourméris

■ Œuvres de Pierre de Fermat (I. La théorie des nombres), textes traduits par Paul Tannery, introduits et commentés par R. Rashed, Ch. Houzel et G. Christol

■ Maths et Maple, de Jean-Michel Ferrard

■ The Practice of Medicinal Chemistry, sous la direction de Camille Wermuth

110

Les 500 paires de lunettes Éclipse 99 que nous avons réservées à nos lecteurs sont maintenant épuisées. Vous pouvez vous en procurer dans notre boutique ou auprès de la Société astronomique de France (voir sur notre site Web).

Dossier

La sécurité sur l'Internet

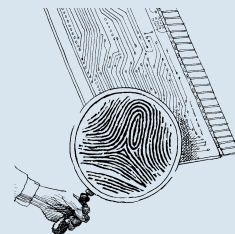
29

Pirates sur l'Internet

30

par Carolyn Meinel

Les pirates informatiques emploient un arsenal varié pour commettre leurs méfaits. Pourtant, aucun d'eux n'est invincible.

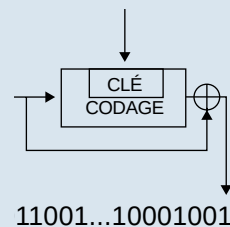


Cryptographie et réseau

38

par Philip Zimmermann

Des systèmes de cryptographie assurent le secret des transmissions électroniques. De nouveaux systèmes encore plus sûrs sont à l'étude.

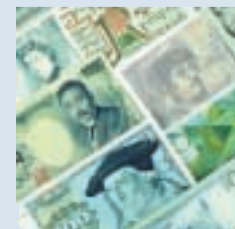


Le paiement sur l'Internet

45

par Octavian Ureche et Réjean Plamondon

L'essor du commerce électronique nécessite de nouveaux moyens de paiement numériques, adaptés au monde virtuel de l'Internet.



Pour la libéralisation de la cryptographie

50

par Ronald Rivest

L'un des pionniers de la sécurité informatique s'oppose au contrôle gouvernemental de la cryptographie.



Les galets, outils du Paléolithique

52

par Sophie A. de Beaune

Des galets non taillés révèlent l'invention de gestes techniques avant la fabrication d'outils spécialisés.



Les cellules souches embryonnaires

58

par Roger Pedersen

Récemment isolées, ces cellules semblent capables d'engendrer la quasi-totalité des types de cellules de l'organisme.



Les tsunamis

64

par Frank González

On ne peut lutter contre des vagues hautes comme des immeubles de dix étages et rapides comme un cyclomoteur. En revanche, on évite des dégâts si l'on sait prévoir leur arrivée sur les côtes.



Le syndrome postpolio

76

par Lauro Halstead

Plusieurs décennies après avoir retrouvé leur force musculaire, les personnes qui ont eu la polio-myélite se sentent souvent fatiguées et ressentent des douleurs.



Les kangourous carnivores

82

par Stephen Wroe

À l'opposé des kangourous et des koalas actuels, certains marsupiaux australiens ont été de redoutables prédateurs.

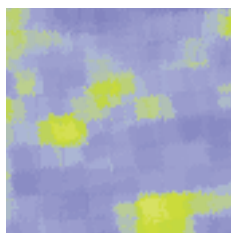


Le ciel infrarouge vu de l'espace

82

par A. Abergel, F. Boulanger, G. Lagache, E. Dartois et J.-L. Puget

Le satellite ISO a déterminé la nature des poussières du milieu interstellaire et mesuré le rythme de formation des étoiles au cours de l'évolution de l'Univers.



La grand'peur de l'Internet

Trissotin :

Il pratique Internet, Madame, aussi bien qu'un hacker.

Philaminte :

L'Internet, l'Internet, ah quel plaisir ma sœur!

Ah permettez, de grâce,

Que pour l'amour du Net, Monsieur, on vous embrasse!

Ainsi aurait pu ironiser Molière, dont nous savons consulter les œuvres sur l'Internet, lire des commentaires sur la vie de l'auteur... tout cela gratuitement. Bel et bon. Nous pouvons aussi commander les œuvres de l'écrivain en laissant notre numéro de carte bleue.

Là, le bât blesse. Un numéro de carte peut être copié par un pirate qui aurait le loisir, cela s'est vu, de commander à votre place et à son profit. Les messages sur l'Internet sont-ils vulnérables? Comment les sécuriser?

En les chiffrant. Mais ce chiffrement est-il inviolable? Le dossier que nous présentons, *La sécurité sur l'Internet (pages 29 à 51)*, détaille le «combat douteux» entre l'épée des méthodes de piratage et le bouclier des logiciels de protection. Combat douteux, car la mise à disposition de ces logiciels n'inspire-t-il pas les pirates qui apprendront à les contourner? Inversement, la connaissance des moyens de piratage autorise des moyens de cryptographie plus sûrs... Heureusement les pirates sont plus malicieux que malveillants et les méthodes qu'ils utilisent pour violer le secret ne sont pas secrètes : un congrès mondial de pirates se réunit à Las Vegas chaque été...

Autre antagonisme : dans son article sur les nombres premiers jumeaux (page 102), Jean-Paul Delahaye expose les recherches de Thomas Nicely et explique comment ce chercheur a détecté un grave défaut du *Pentium*. Seul un universitaire libre des contraintes de temps pouvait mener à bien cette enquête. À l'inverse, Bernard Beuzamy critique l'efficacité des titulaires d'un doctorat (*La déformation par la recherche*, page 8), lesquels n'auraient pas, d'après les industriels qui les emploient, les soucis nécessaires de rentabilité.

La critique de la formation des doctorants fait mal, mais il n'est pas de raison supérieure qui justifierait de taire ces opinions.

Philippe BOULANGER

Tension sur le porc

Étant donné un problème, il y a autant de réponses que de professions qui prétendent avoir des lumières dessus. Exemple. Les lignes à haute tension ont-elles un effet néfaste sur le bétail parqué à proximité ? À cette question, chaque profession répond suivant son idiosyncrasie. Les paysans disent oui et se plaignent ; EDF hausse les épaules et répond non, bien sûr ; les chercheurs scientifiques hésitent et sont divisés ; enfin, les porcs deviennent cannibales (*Le Monde*, 30 mars 1999).

C'est évidemment la réponse des porcs qui est la plus intéressante. Les lignes à haute tension les rendraient cannibales. Est-ce à dire qu'ils dégustent les hommes qui s'approchent d'eux ? Non. Consultons le dictionnaire : un « animal cannibale » est un animal qui dévore ceux de son espèce ; cette expression est calquée sur celle de « sauvage cannibale ». On voit alors que les voyageurs blancs qui craignaient d'être mangés par les indigènes n'avaient rien de racistes. L'adjectif « cannibales » désigne ceux qui dévorent leur propre espèce ; avoir peur d'être avalé par les sauvages cannibales, c'est donc reconnaître qu'on est de

la même espèce qu'eux. Merveilleuse preuve d'antiracisme !

Tout cela ne nous dit pas si la tendance des porcs au cannibalisme est effectivement accrue lorsqu'ils sont à proximité de lignes à haute tension. Nous n'avons pas perdu notre temps, cependant, puisque, à méditer sur les porcs, nous avons approfondi notre connaissance de l'âme humaine.

Obsession textuelle

Avez-vous lu le roman de Sainte-Beuve intitulé *Volupté* ? En ce qui me concerne, la réponse est « non », ce qui prouve que j'écoutais bien en classe. Le professeur qui nous en a parlé, en effet, nous avait avertis que si, attirés par ce titre prometteur, nous espérions trouver des détails croustillants, nous serions fort déçus.

Le temps a passé, mon tour est venu d'éduquer la jeunesse. Voici donc. Il ne lui est pas interdit de lire l'ouvrage de Jared Diamond intitulé *Pourquoi l'amour est un plaisir*, sous-titré « L'évolution de la sexualité humaine », et orné en couverture de photos torrides représentant de passionnés baisers hollywoodiens. Néanmoins, attendre un contenu en rapport serait une

erreur. Naturaliste austère, l'auteur explique comment fonctionne la polygynie chez le gobe-mouches noir ; disserte sur la dihydrotestostérone ; compare, du point de vue de l'abondance de la descendance, la polyandrie des femmes Tre-ba du Tibet et celle d'oiseaux (les phalaropes femelles)... Enfin, il ramène le mythe de Don Juan à de justes proportions : Don Juan est un minable, comparé au gobe-mouches. Séduire mille et trois Espagnoles n'est pas impressionnant. « Si les conquêtes de Don Juan se sont étalées sur trente ans, il n'a séduit qu'une Espagnole tous les onze jours. » Le gobe-mouches mâle, lui, ne met que trente-quatre minutes avant de s'accoupler avec une nouvelle femelle.

Consultons enfin l'index. Complet, il rend fidèlement compte du contenu du livre. Surprises : le mot plaisir, qui figure dans le titre, n'apparaît pas dans l'index ; des mots comme désir, érection, érotisme, excitation, jouissance, orgasme, volupté (pauvre Sainte-Beuve !) ne s'y trouvent pas non plus. Il y a tromperie sur la marchandise ! Cela dit, les philosophes aiment à rappeler que le mot chien ne mord pas : le signifiant n'est pas le signifié. De même, le sexe est troublant, mais la littérature érotique, en général, ne l'est guère. Alors, foin des regrets. Lisons *Pourquoi l'amour est un plaisir* dans la seule intention d'y apprendre des informations qui ne feront rougir personne.

Les cadets de nos soucis

Avoir une idée intéressante, c'est facile (relativement). Résister au désir de lui assigner un rôle universel, c'est difficile. Ainsi, Frank Sulloway s'est demandé si le rang d'un individu dans sa fratrie influait sur son comportement. Ayant réuni une vaste documentation, il conclut que la plupart des innovations radicales ont été initiées et défendues par des cadets, alors que les aînés ont toujours eu tendance à rejeter les idées novatrices (Frank Sulloway, *Les enfants rebelles*, éditions Odile Jacob, 1999).

Soit. Las, trop enthousiaste, F. Sulloway donne à sa découverte un statut d'explication universelle. Cela le conduit à un réductionnisme qui fera sourire. Voici. « Leibniz et Newton étaient tous deux des aînés, ce qui permet de mieux comprendre la hargne dont ils firent preuve. Les premiers-nés n'aiment pas arriver en seconde position, et pour éviter une telle situation, ils sont prêts à sacrifier les règles du respect le plus élémentaire » (p. 101). « Nous avons tendance à considérer les monarques comme des individus conservateurs sur le plan social. La part de vérité contenue dans cette généralisation provient de ce que les rois et les reines sont souvent des aînés » (p. 129).

F. Sulloway explique même les luttes politiques par l'ordre de naissance. Ce dernier joue un rôle clé dans la Révolution française. « Au sein de la Convention nationale, les députés se dénoncèrent selon des tendances liées à des différences systématiques entre frères, les principales étant induites par l'influence de l'ordre de naissance » (p. 312).

L'auteur oublie qu'un individu peut être rebelle sur le plan social, mais conservateur sur le plan scientifique, ou l'inverse. Pour lui, les gens sont d'un bloc. Exemple. Tycho Brahe est mort pour n'avoir pas osé quitter la table distinguée où il était reçu, alors qu'un besoin urgent le pressait. Cela prouve qu'il ne pouvait pas révolutionner les sciences : « Un homme incapable d'une entorse aux bonnes manières, fût-ce pour satisfaire un besoin naturel, n'était pas apte à défier les fondements de la cosmologie » (p. 27).

F. Sulloway omet de préciser son rang de naissance dans sa fratrie. Ce renseignement ne nous serait-il pas essentiel pour juger la pertinence de ses raisonnements ?

Le pouvoir de l'image

Publier des photos prises dans la rue va être difficile, désormais. Les architectes, en effet, sont devenus très sourcilleux. Ils exigent des droits d'auteur quand on publie une photo où apparaît un monument construit par eux, fût-il public, et obtiennent gain de cause en justice (*Le Monde*, 27 mars 1999).

La veuve d'Otto von Spreckelsen, l'architecte de la grande arche de la Défense, est ainsi devenue la bête noire des producteurs d'images. Supposons, alors, que je déteste la grande arche de la Défense, et que je publie un ouvrage démontrant, photos à l'appui, combien elle défigure le quartier qu'elle domine de sa hauteur. Je devrai verser des droits à la veuve de l'architecte. Voilà une situation aussi cruelle que la double contrainte : on ne peut plus dire du mal d'une œuvre sans devoir lui apporter une contribution financière !

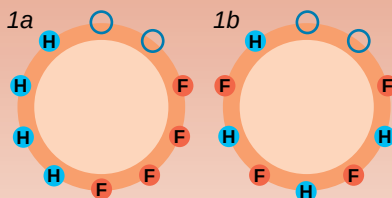
Triomphe suprême : vous contraignez vos ennemis à servir vos intérêts !

JEU-CONCOURS N° 60

PIERRE TOUGNE

Dîner de mathématiciens

Un couple de mathématiciens reçoit huit confrères, quatre hommes et quatre femmes. À leur grande surprise, il trouve en entrant dans la salle à manger leurs invités «prédisposés» autour de la table circulaire comme sur la figure 1a ci-dessous. L'hô-



tesse leur demande de se répartir alternativement homme-femme, ce que les invités acceptent, mais par lubie mathématique exigent que la maîtresse de maison ne les déplace que par paire adjacente sans changer l'ordre vers les deux places libres autour de la table et qu'à la fin les deux places libres soient celles du départ. L'hôtesse

réussit à obtenir la position de la figure 1b en cinq mouvements. Quels sont-ils? Afin de simplifier la description des mouvements, on les représentera de façon linéaire, comme pour le premier déplacement.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
H	H	H	H	F	F	F	F		
H			H	F	F	F	F	H	H
?	?	?	?	?	?	?	?	?	?

Même question pour dix invités (en six mouvements)? Hors concours pour les insomniaques, ils pourront s'attaquer au problème général de $2n$ invités en $n+1$ mouvements ($n > 3$).

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

RÉPONSE AU JEU-CONCOURS N° 58

Soit $M = abcd$ un nombre de quatre chiffres avec $a \geq b \geq c \geq d$ et ad et $m = dcba$ son «inverse». La soustraction $M - m$ s'écrit :

1. si $b > c$

$$\begin{array}{r} (a) \quad (b) \quad (c) \quad (d) \\ -(d) \quad (c) \quad (b) \quad (a) \\ \hline (a-d) \quad (b-c-1) \quad (9+c-b) \quad (10+d-a) \end{array}$$

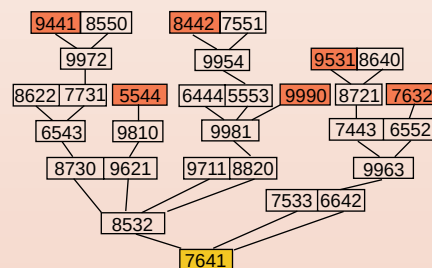
2. si $b = c$

$$\begin{array}{r} (a) \quad (b) \quad (c) \quad (d) \\ -(d) \quad (c) \quad (b) \quad (a) \\ \hline (a-d-1) \quad 9 \quad 9 \quad (10+d-a) \end{array}$$

Le résultat dans le cas 1 a pour somme des chiffres extrêmes 10 et celle des chiffres du milieu 8. Dans le cas 2, la somme des chiffres extrêmes est 9. Ceci restera vrai pour toutes les soustractions successives, donc il suffit de tester les 25 nombres avec $a + d = 10$ et $b + c = 8$ (deux nombres comportant les mêmes chiffres ne faisant qu'un) plus les cinq nombres de la forme $a99d$, avec $a + d = 9$, soit au total 30 nombres. Le graphe du test est représenté ci-contre. On peut réduire le nombre de test à 20 en remarquant qu'un nombre et son complémentaire à 9 ont même successeur (cas des nombres dans les cases jointives). D'autre part, en testant un nombre, on passe par des nombres à tester, ce qui

fait qu'avec beaucoup d'intuition, il suffirait de ne tester que les six nombres des cases rouges.

Enfin le graphe du test montre que dans le cas le plus défavorable, sept soustractions sont nécessaires pour atteindre 6 174 appelé parfois constante de Kaprekar du nom du mathématicien indien qui a découvert cette curiosité. Ce phénomène dépend de la base de numération et du nombre de chiffres et en général l'algorithme conduit à des cycles et des points fixes. Ainsi en base 10, les nombres de 3 chiffres convergent vers 495. Pour les nombres de 4 chiffres, il n'y a qu'un seul point fixe pour les bases $b = 5, 10, 40, 160, 640$ $b < 1\,000$ selon Mikio Kano (voir *Les nombres remarquables*, par François Le Lionnais et Jean Brette, Hermann).



Fin de siècle

L'article de Peter de Jager *Les ordinateurs passeront l'an 2000* (voir *Pour la Science*, mars 1999) inventorie correctement la plupart des éléments du «bogue de l'an 2000», mais il en oublie un, qui a déjà eu des conséquences à la fin des années 1980 en Italie et que l'on retrouve aujourd'hui, à la fin des années 1990 : certains programmeurs ont utilisé une arithmétique des dates pour le moins approximative, qui fait que neuf plus un n'égal pas toujours dix. Il s'agirait peut-être là de la seule véritable erreur de programmation, alors que la terminologie «bogue de l'an 2000» suggère que tout y est erreur.

Notons au passage que, si les informatiques des temps héroïques sont responsables en grande partie de la situation actuelle, il n'ont fait à l'époque que transposer une pratique bien antérieure à la naissance de l'ordinateur : le codage des années sur deux chiffres. J'ai ainsi récemment observé au Musée d'Orsay, dans une exposition consacrée à Stéphane Mallarmé, des enveloppes montrant des cachets postaux du XIX^e siècle où les années figuraient sur deux chiffres uniquement.

Enfin, pourquoi ni les médias, en particulier la presse informatique, ni les grandes associations d'ingénieurs n'ont-ils tiré le signal d'alarme en temps utile, c'est-à-dire il y a une dizaine d'années ? Est-ce parce qu'il ne s'agissait, et qu'il ne s'agit encore, que d'une «vulgaire» opération de maintenance, donc sans grand intérêt ?

Jean-François COLONNA, Palaiseau

Égarements et manipulation

Guillaume Lecointre, dans sa mise en garde justifiée contre les activités de l'Université interdisciplinaire de Paris (voir *Des scientifiques s'égarent...*, *Pour la Science*, mai 1999), fait part de sa «très grande surprise» devant la présence de mon nom parmi ceux des orateurs d'une série de conférences de l'UIP. Ma surprise a été plus grande encore : ayant accepté de participer à un débat organisé par le groupe protestant du temple de l'Étoile, c'est seulement lors de cette rencontre que j'ai constaté sa récupération par l'UIP. Les responsables du débat m'auraient-ils prévenus de leurs accointances que j'aurais refusé tout net cette invitation. Devant des stratégies aussi insidieuses, la méfiance ne s'impose que plus encore. Que G. Lecointre n'assimile toutefois pas trop vite les positions antirationalistes et obscurantistes aux néces-

saires discussions critiques sur la nature et les limites de la rationalité scientifique.

Jean-Marc LÉVY-LEBLOND, Nice

Il y a quelques années, l'Institut Rockefeller a organisé un séminaire sur les OVNI et les extraterrestres en invitant différents scientifiques. Le séjour, entièrement pris en charge comme le voyage, était paradisiaque. Les chercheurs qui participèrent firent des interventions critiques, mais mesurées. Ils ne se rendirent compte qu'ils avaient été bernés qu'à la lecture du compte rendu de la réunion, qui exploitait savamment leur prudence : c'était trop tard. Il faudrait que les organismes qui agissent ainsi derrière un masque soient répertoriés et que cette liste soit accessible aux chercheurs. Il ne s'agit évidemment pas d'interdire à un chercheur de collaborer, en connaissance de cause, avec ces organismes, mais seulement d'éviter les tromperies.

J. HARTONG, Strasbourg

Bernard d'Espagnat, Ilya Prigogine, Trinh Xan Thuan et d'autres personnes citées par G. Lecointre sont considérées par leurs pairs comme des scientifiques. Souhaiteraient-ils saper les fondements d'une science qu'ils ont servi toute leur vie et qui les a récompensés ? Ou sont-ils tous assez naïfs pour prêter la main à je ne sais quel complot ? G. Lecointre semble adepte du matérialisme philosophique. C'est une option. Il en est d'autres. Il est trop facile d'insinuer que les prix Nobel sont gâteaux ou corrompus !

Enfin, plus grave, G. Lecointre attaque dans un même élan «les églises et les sectes». Cette association n'est ni innocente ni fortuite. Elle est soulignée par deux dessins provocateurs, qui évoquent les caricatures anticléricales les plus éculées.

André THOMAS, Paris

La grande majorité de nos concitoyens pensent que la science peut et doit tout expliquer. Or, la science ne donne pas le pourquoi des choses, mais seulement le comment. Ils constatent aussi que la science se trompe (pour le sang contaminé ou pour la vache folle) ou, du moins, que ses hésitations lui font perdre de la crédibilité. En outre, les scientifiques manquent de modestie : rares sont ceux qui disent que la science ne décrit pas le réel mais seulement un modèle prédictif de certains aspects de la réalité. Si l'on ajoute que les disciplines pseudo-scientifiques donnent des explications absolues et définitives, sans hésitations, les personnes qui ont besoin d'être rassurées ne peuvent qu'être tentées par ces voies.

Jean-Louis BERNOU, Fresnes

La science est-elle matérialiste par nature ? La science est méthodologiquement matérialiste : elle n'a à enregistrer que les processus relevant de la matière et de l'énergie. Cela n'implique pas que la science explique tout aujourd'hui. Sur l'encore inexpliqué, soit on croit, comme Popper, aux prétentions du «matérialisme prometteur», et l'on reste matérialiste de bout en bout, soit on n'y croit pas, et toutes les options restent ouvertes. Or, sans fixer à la science des limites *a priori*, il est malhonnête de masquer les obstacles auxquels elle se heurte. Est-il raisonnable de croire qu'un jour tout aura été expliqué ?

Dominique LAPLANE, Paris

Réponse de Guillaume Lecointre

Des scientifiques reconnus de leurs pairs, qui ont passé leur brillante carrière à traiter du «comment», peuvent se faire manipuler : les lettres de J.-M. Lévy-Leblond et de J. Hartong le confirment. Antoine Danchin nous a aussi témoigné de sa grande surprise, dans les mêmes termes. Par ailleurs, des scientifiques reconnus peuvent déraiser, en utilisant leur science comme si elle confirmait les visions de leurs pulsions mystiques. Parfois même, ils utilisent les disciplines des autres : je me souviens d'un brillant mathématicien, académicien et membre de l'UIP qui parlait d'évolution dans certains journaux sans jamais rien y comprendre. Ce que je décris n'est pas un complot : l'UIP affiche ses congrès au grand jour ; par contre, elle en décale légèrement le thème, de manière à ce que son «paradigme» central reste discret. Ce qui lui permet ensuite d'écrire que les intervenants y souscrivent.

Que D. Laplane et J.-L. Bernou veuillent bien remarquer que n'ai jamais écrit que la science expliquait tout. Sur le front de la genèse des connaissances, le matérialisme reste sa seule condition méthodologique. Les autres options qui «restent ouvertes» consistent à sortir du champ de la science. Bien sûr, la science s'est toujours heurtée à des obstacles méthodologiques, il n'y a pas à le cacher. Ces obstacles stimulent l'invention de nouvelles méthodes scientifiques. Le fait que la science hésite ou se trompe fait partie du processus courant de genèse des connaissances. Nous passons une bonne partie de notre temps à corriger des énoncés que nous découvrons être faux. Le sang contaminé et la vache folle n'ont que peu à voir avec la science en tant que démarche rationnelle de la découverte du monde. Ces deux catastrophes ne sont que des applications de la science, avec tout ce que cela comporte de facteurs économiques et politiques surajoutés, qui sont étrangers à la science dont je parle dans l'article.

La déformation par la recherche

BERNARD BEAUZAMY

Constat cruel : la thèse actuelle ne prépare guère ses détenteurs à travailler dans l'entreprise.



Les jeunes doctorants ont les plus grandes difficultés à trouver un emploi : les entreprises se méfient des thésards. Pour celui qui a fait une école d'ingénieurs au préalable, la thèse est un handicap (beaucoup s'efforcent de la dissimuler dans leur CV) ; pour celui qui a fait des études universitaires, elle ne laisse guère d'autre choix que l'enseignement et la recherche, toujours en milieu universitaire. Ces difficultés sont connues, et les candidats thésards sont rares : il y a peu de financements, encore moins de volontaires.



Jean-Michel Thiriet

Pourtant, l'idée était séduisante : dans un monde scientifique en mutation, celui qui a été formé à la recherche, par la recherche, saurait mieux s'adapter que celui qui a appris des techniques toutes faites. Le chercheur serait plus souple, plus évolutif, plus curieux, plus disponible intellectuellement que l'ingénieur et, de ce fait, plus utile à l'entreprise.

Hélas, il n'en est rien. De trop nombreux chercheurs, tels qu'ils sont formés aujourd'hui, ne sont ni souples ni curieux, et sont trop souvent, à mon avis s'entend, dépourvus des qualités dont une entreprise a besoin.

J'Y AI CRU

Professeur de l'Université, j'ai dirigé, en 20 ans, 22 thèses en mathématiques et disciplines connexes. En 1995, j'ai quitté l'Université pour monter mon entreprise. J'ai essayé d'employer des thésards, d'abord ceux que j'avais formés,

puis d'autres, formés ailleurs. Cela a toujours été la même catastrophe.

Les docteurs pensent retrouver, au sein de l'entreprise, une copie du laboratoire où ils ont préparé leur thèse : un sujet de recherche et quelqu'un pour les encadrer. En même temps, de manière paradoxale, ils voudraient «prendre des responsabilités», devenir chef de projet.

Comment le pourraient-ils ? Ils n'ont pas la moindre idée de ce que peut être une activité scientifique hors du monde académique. Pour nous, prestataires de services à l'industrie, un problème n'est jamais bien posé : nous passons des mois

à discuter avec les responsables industriels pour comprendre ce qu'ils veulent.

Après quoi, nous proposons une résolution partielle, la soumettons, recueillons les critiques et recommençons. Les réunions, discussions, remises en question sont longues et difficiles. Et quand le contrat est terminé, il faut valoriser les résultats, les présenter, les rédiger sous forme exploitable, organiser des démonstrations, etc.

Que de difficultés pour le thésard, trop souvent incapable de présenter ses résultats hors des cercles académiques !

J'ai maintes fois fait l'expérience. J'ai interrogé des thésards sur leurs travaux. Je n'ai rien compris. Ils me disent qu'ils travaillent sur tel problème posé par Machin en 1992 (leur directeur de thèse), mais l'origine du problème, la pertinence de la question, la raison pour laquelle Machin l'a examinée en 1992, les thésards ne me l'ont pas expliquées. Or un dirigeant d'entreprise souhaite que ses clients saisissent ce que font les ingénieurs, que le client comprenne à quoi sert la société qu'il dirige ; sinon, celle-ci ne vivra pas longtemps.

Comment confier des responsabilités à des gens dont le travail ne paie pas le salaire ? J'ai, comme nombre de chefs d'entreprise, bénéficié de subventions de l'ANVAR pour les recrutements ; ces

subventions prennent en charge la moitié de la masse salariale (masse salariale égale, dans mon cas à environ 220 000 francs par an) pendant la première année. Même avec ces subventions, les thésards couvraient à peine leur salaire. La raison : ils trouvaient un problème intéressant, se focalisaient dessus et y passaient tout leur temps. Qu'importe si le problème ne rapportait à l'entreprise que 50 000 francs !

L'État, qui a mis en place ces subventions, sait bien qu'un chercheur est peu rentable pour une entreprise, au moins les deux premières années. Sans doute finissent-ils par acquérir de bonnes habitudes et pas perdre les mauvaises... s'ils acceptent les contraintes de l'emploi.

PLUTÔT MOINE QUE PRÊTRE-OUVRIER...

Je m'interromps quelques instants dans la rédaction de cet article : l'une de mes thésards me demande de corriger le résumé anglais d'un article qu'elle veut soumettre à un congrès. Excellent. Il faut encourager la participation à des congrès. Toutefois, ne faudrait-il pas aussi présenter aux industriels les techniques que nous avons développées et qui sont susceptibles de les intéresser ?

Pourquoi un thésard est-il si désireux de participer à un congrès et souhaite-t-il si peu plancher devant le CEA ou Framatome ? À participer à un congrès, on acquiert une notoriété, ce qui est flatteur pour l'ego. À plancher devant le CEA, on risque des rebuffades : les ingénieurs savent de quoi ils parlent et ne s'en laissent pas aisément conter. Les industriels ne feront appel à des méthodes nouvelles que si elles ont fait leurs preuves, si les algorithmes tournent en des temps raisonnables et donnent des résultats plausibles. Devant un congrès, on peut énoncer des hypothèses d'école, présenter des algorithmes qui mettent trois jours et donnent des résultats une fois sur deux.

L'ingénieur est habitué à des solutions approximatives, voire fausses, mais il est

familier des contraintes de temps, de rendement, de présentation, d'exploitation. Le thésard, lui, désire des solutions parfaites : aussi sa solution est-elle presque toujours inexploitable en l'état, et elle finit à la poubelle, alors même qu'il s'agissait parfois d'un début satisfaisant, qu'une ou plusieurs générations d'ingénieurs auraient pu ensuite transformer en un produit utilisable.

Les bourses CIFRE, qui requièrent la présence d'un industriel pour le financement et l'orientation de la thèse, sont mieux adaptées à la finalité de la recherche. Les employeurs ne s'y trompent pas et leur accordent la préférence : il y a peu de chômeurs parmi les anciens boursiers CIFRE.

Examinons brièvement – ce n'est pas l'essentiel de mon propos – le cas des mathématiques, singulières par deux aspects. D'une part, elles ont des débouchés constants liés à l'enseignement. D'autre part, les applications des mathématiques sont mal identifiées par les enseignants : ils s'imaginent que ces applications relèvent du calcul scientifique, de l'analyse numérique, alors que les débouchés de ces techniques sont insignifiants.

Pour résoudre un problème physique, par exemple prévoir les caractéristiques d'un écoulement, on a généralement recours à un procédé très ancien dénommé «discrétisation» : on écrit les équations qui régissent le problème et l'on se contente de calculer les valeurs des inconnues seulement en des points particuliers, par exemple tous les centimètres. De cette façon, on obtient un gros système linéaire, facile à résoudre sur ordinateur. Cela fait 30 ans que la communauté académique considère que ce sont là les principales applications des mathématiques, et les trois quarts des jeunes formés en DEA, DESS ou thèse acceptent cette idée. Erreur funeste : il n'y a pratiquement pas de débouchés à cette formation. Le nombre de spécialistes nécessaires à l'utilisation de ces techniques est de plus en plus petit.

Imaginez-vous un étudiant en médecine qui, sitôt sa thèse terminée, va enseigner la médecine sans avoir jamais vu de

malade ? Imaginez-vous un jardinier qui va enseigner l'horticulture au terme de ses études sans jamais avoir planté de fleurs ? Non ?

Eh bien, vous aurez quelque difficulté à imaginer qu'un mathématicien puisse enseigner les mathématiques sans les avoir jamais pratiquées. C'est pourtant ce qui se passe, c'est pourtant ce qui est la norme. Un jeune fait son DEA (Bac + 5) avec pour seul stage la lecture de quelques articles ; il passe sa thèse à l'Université, et ensuite il est recruté comme maître de conférences, puis devient professeur. Il va enseigner les mathématiques toute sa vie, sans jamais les avoir pratiquées. Inutile de dire que l'enseignement est bien coupé des réalités : aussi bien des réalités scientifiques et techniques que des besoins des entreprises ou de la société. On enseigne une version académique des mathématiques, une sorte de virtuosité virtuelle, où l'on «démontre» des résultats ; syllogismes dont les prémisses et le contexte ne sont pas toujours pertinents.

LA RECHERCHE : DU TEMPS PERDU ?

Le cas des thésards en mathématiques est donc particulier : ou bien ils se destinent à l'enseignement, ils y naissent, y vivent et y meurent (et je ne les vois pas), ou bien ils se destinent aux mathématiques appliquées et, outre les travers généraux de formation que j'ai décrits précédemment, ils ne savent pas travailler et ne savent pas où travailler, car ils ont une idée fausse des débouchés.

Les thésards des disciplines voisines (traitement du signal, télédétection, robotique, physique, mécanique, etc.) ont une meilleure idée du contenu de leur discipline, parce que celle-ci est en contact plus étroit avec les applications. Subsistent bien sûr, dans chacune de ces disciplines, des développements ineptes, des théories grotesques, des constructions absurdes, chacune avec sa cohorte de thésards qui souligne l'importance du Maître.

Vieux débat sur l'inné et l'acquis : est-ce parce qu'ils sont réfractaires au monde réel que les jeunes deviennent thésards, ou bien sont-ils déformés par leurs années de thèse ?

Je persiste à penser – vieux fonds d'optimisme ! – que la formation par la recherche est possible et qu'elle est

souhaitable dans le monde moderne. Ce qui est en cause, c'est le mode de jugement de la recherche, le «jugement par les pairs». Ce jugement privilégie la notoriété personnelle, au travers des publications, des congrès, au détriment des réalisations effectives. Le jugement par les pairs n'est pas inutile, et les publications sont utiles, mais l'objectif d'un programme de recherche, c'est avant tout le développement de nouvelles connaissances et leur mise à disposition auprès de ceux qui peuvent en avoir besoin. De ce point de vue, l'intérêt des publications, qui ne sont lues que par un cercle restreint d'initiés, est très faible.

Que le thésard se destine ensuite à l'enseignement ou à l'entreprise, peu importe : c'est son affaire, et les deux sont utiles. Ne serait-il pas souhaitable, cependant, qu'il pratique les mathématiques avant de les enseigner : les stages de DEA devraient être de vrais stages, hors du monde académique et, surtout, ils ne devraient pas être limités à la lecture d'articles. Ensuite, la thèse pourrait être faite en partenariat avec un organisme non académique qui a des programmes scientifiques de bonne qualité et doit obtenir des résultats.

Je voudrais terminer sur une note optimiste et sur un conseil personnel aux thésards. Les réticences que j'ai énoncées plus haut, beaucoup d'employeurs les ressentent, et ils écartent la candidature des doctorants. Pourquoi ceux-ci, dans leur lettre de motivation, ne mentionneraient-ils pas qu'ils sont conscients de cette difficulté, par une phrase du type : «Je suis conscient que ma formation par la recherche ne m'a guère permis de connaître les réalités de l'entreprise, mais je suis tout prêt à les découvrir»? Ils pourraient ajouter, et ceci à mon avis serait déterminant, qu'ils accepteraient une période de formation (mettons trois à six mois) à salaire réduit : une telle approche serait très séduisante pour l'employeur, qui verrait qu'il est en présence d'un candidat véritablement motivé.

Bernard BEAUZAMY est PDG de la Société de Calcul Mathématique, SA.



