

souvent de pertinence. Il faut trier manuellement le bon grain de l'ivraie.

Les anagrammes produites à partir des noms et prénoms des personnes connues sont parfois amusantes. Deux des seuls qui y résistent, tant en français qu'en anglais, sont Johnny Halliday et Jean-Philippe Smet, le vrai nom du chanteur. En revanche, Boris Vian s'était donné une tâche facile, car notre programme lui trouve les anagrammes suivantes : ABRI OVNIS, BAR VOISIN, BISON RAVI, BOIRA VINS, VOIS RABIN, VISA ROBIN, VIRAI SNOB, VIBRA SOIN.

## LES GRILLES AUTOMATIQUES

Revenons maintenant aux mots croisés en considérant une grille carrée de  $N$  cases de côté sans case noire, ce qui permet de simplifier la description de la méthode. Nous commençons par construire, à partir du dictionnaire général, un dictionnaire qui ne comporte que des mots de longueur  $N$ . Puis la génération s'effectue en deux étapes : on définit la taille de la grille, on place les mots que l'on désire y voir figurer (ce que l'on nomme la «potence» quand seules les premières ligne et colonne sont remplies, et le «canevas de grille» dans les autres cas) ; puis, dans le cas d'une potence, le générateur tente de placer un mot sur la seconde ligne, tout en vérifiant qu'il existe des mots, présents dans le dictionnaire, dans le sens vertical. Quand toutes les vérifications sont positives, le générateur tente de placer un mot sur la troisième ligne en effectuant les mêmes vérifications que précédemment, etc. En fin de travail, on obtient l'ensemble des grilles possibles correspondant à la potence.

Examinons plus précisément comment on place les lettres dans les cases. Considérons le stade où l'on essaie de placer une lettre dans la case  $(i, j)$  de la grille ( $i$  est le numéro de la ligne, et  $j$  celui de la colonne), après avoir précédemment rempli toutes les cases précédentes. Nous notons  $Placer(nœud, i, j)$  la fonction récursive qui place une lettre dans la case considérée.

Cette fonction consiste d'abord à tenter de placer dans la case  $(i, j)$  la lettre correspondant au premier nœud situé derrière le dernier nœud exploré dans l'arbre (son «fils»). On vérifie alors qu'en ajoutant cette lettre horizontalement, il existe bien un début de mot vertical dans l'arbre dictionnaire. Si tel est le cas, on place la lettre trouvée dans la case  $(i, j)$  et on place à la case suivante,  $(i, j+1)$ , ou bien, si  $j$  est égal à  $N$ , dans la case  $(i+1, 1)$ . Cela revient à appeler  $Placer(fils\text{-}nœud, i, j+1)$  si  $j$  est différent de  $N$  et  $placer(racine\text{-}du\text{-}dictionnaire, i+1, 1)$  si

APPAIRA  
GEORGES  
ARIANES  
CERNERA  
ACENSAI

APPAIRA  
GEORGES  
ARRHANT  
DERAMER  
ACINESE

APPAIRE  
GEORGES  
ARISENT  
DESISTE  
ECENTES

APTOISE  
GEORGES  
ARISENT  
CELASSE  
ECENTES

APPAIRA  
GEORGES  
ARIANES  
CERNERA  
ACENSAS

APPAIRA  
GEORGES  
ORGANES  
REGNERA  
ACENSAI

APPAIRE  
GEORGES  
ARISENT  
VERISTE  
ECENTES

APTOISE  
GEORGES  
ARISENT  
DELAASA  
ECENTES

### 4. Quelques grilles solutions de celle qui est proposée en début d'article.

$j$  est égal à  $N$ . Si  $i$  et  $j$  sont tous deux simultanément égaux à  $N$ , alors on affiche la grille ; sinon, on poursuit l'algorithme.

«Ensuite, quoi qu'il arrive», on tente de placer dans la case  $(i, j)$  la lettre correspondant au premier frère du dernier nœud exploré (ce qui revient à appliquer l'algorithme avec ce premier frère comme nœud à explorer sans changer les paramètres  $i$  et  $j$ , c'est-à-dire à appeler  $Placer(\text{premier-frère}, i, j)$ ). Si le dernier nœud exploré n'a pas de frère, alors on quitte l'algorithme en cours. Comme cet algorithme s'appelle lui-même, quitter l'algorithme en cours signifie qu'on remonte d'un niveau dans la récursion. L'algorithme, conformément à la clause «ensuite quoi qu'il arrive», cherche alors la lettre suivante dans la case précédente, à savoir la case  $(i, j-1)$  ou, si  $j$  est égal à  $N$ , dans la case  $(N, j-1)$ . Ainsi, en parcourant l'arbre de la racine vers les feuilles et du premier mot vers le dernier de la liste alphabétique, on explore toutes les grilles carrées de  $N$  cases de côté sans cases noires qu'il est possible de construire avec le dictionnaire utilisé.

Nous avons ultérieurement modifié cet algorithme afin qu'il accepte des cases noires, puis avec des lettres imposées dans certaines cases, mais le principe reste le même. Cet algorithme construit, nous avons cherché les grilles de sept cases horizontalement et de cinq cases verticalement, avec le canevas de grille GEORGES horizontal et PEREC vertical, le premier E de GEORGES servant de premier E de PEREC. Les grilles trouvées sont indiquées sur la figure 4.

Dans le cas des grilles carrées, avec seulement la première ligne passée en potence, on constate que, pour une même potence, on obtient assez souvent des grilles symétriques, les mêmes mots apparaissant en horizontal et en vertical, à la même position. Les grilles obtenues sont groupées par paquets dont les éléments diffèrent peu : par exemple, une grille de sept cases de côté comportera ACCEDAS en 1 vertical et SASSEES en VII horizontal, et l'autre aura ACCEDAT et TASSEES

aux mêmes positions, le S commun ayant été remplacé par un T. Si l'on ne veut publier que des grilles originales, on devra choisir l'une d'entre elles.

Aidé par l'ordinateur, on oublie le cauchemar péréquien : on obtient facilement des grilles de neuf cases de côté avec trois cases noires, et l'on bat de deux cases le record de Robert Scipion, avec des grilles de 12 par 10 comportant seulement huit cases noires. Quant aux grilles de dix cases de côté avec seulement cinq cases noires, on en obtient une ribambelle. Naturellement, moins il y a de cases noires, plus le temps de calcul augmente.

Nous avons pris comme base la potence utilisée par Pérec dans sa tentative infructueuse de trouver une grille de sept cases de côté sans case noire. Le résultat a été obtenu en 347 secondes sur un ordinateur à base de processeur Pentium 120 MHz. La potence est représentée dans la première case de la figure 3, et les résultats (28 grilles) sont placés dans les cases restantes. On observe une fréquence élevée de S, de nombreux imparfaits du subjonctifs.

Qui trouvera maintenant des grilles parfaites de neuf cases de côté ?

**Bernard IQEAUX est responsable du développement de la Société Phoenixx Systèmes, qui commercialise les programmes de génération présentés dans l'article (Minitel : 3615 CRUCI et adresse Internet : <http://www.biqueaux@adiabasoft.com>).**

**Guy HACHETTE, Des mots pour jouer, éditions Jibena.**

**Georges PÉREC, Les mots croisés, éditions POL et Mazarine.**

**Josiane et Patrick BURGEL, Le guide de l'Anagramme prémonitoire, éditions Guy Tredaniel.**

**Andrew APPEL et Guy JACOBSON, The World Fastest Scrabble Program, in Communications of the ACM, vol. 31, n°5, mai 1988.**

# Chimie

## De la chimie des hormones à la pilule

Carl Djerassi. Éditions Belin, 1995.

**Q**uels que soient les médias utilisés pour «accrocher» l'ignorant de bonne volonté disposé à acquérir du savoir, le vulgarisateur scientifique dispose de moyens qui ne sont pas illimités. Supposons remplis deux préalables : (1) les connaissances qu'il entend communiquer ne sont pas dépourvues d'intérêt ; (2) il a bien compris ce qu'il veut expliquer. Restent à trouver les voies et les moyens de transmission du message. Parmi ceux-ci, depuis Platon et Galilée, le *dialogue* reste parmi les plus efficaces. Le XIX<sup>e</sup> siècle – siècle d'or de la vulgarisation – nous a légué toute une floraison d'*entretiens* et de *conversations* sur les sujets les plus divers, de l'astronomie à la chimie. Aujourd'hui, moins couru et moins facile dans le domaine de l'écrit que dans celui de l'audiovisuel, l'*interview* (l'*entrevue* dont parlent nos collègues canadiens) entre le savant et le journaliste qui veut s'instruire devant témoins perpétue cette longue tradition.

Un autre recours, pour rendre la science digeste et attrayante, est la science romancée, où s'essayèrent, au siècle dernier, des auteurs comme Lucien Biart avec son *Grand-père Maxime. Histoire d'un vieux chimiste et de deux orphelins* (1887) ou, plus près de nous, George Gamow avec les explorations diverses de son héros (*M. Tompkins explore l'atome* (1954), *M. Tompkins s'explore lui-même* (1955), etc.).

Le dernier livre de Carl Djerassi, lui, nous rappelle très opportunément que les biographies de savants ou leurs autobiographies peuvent également constituer un bon moyen de faire connaître au grand public le contenu de la science, en nous révélant du même coup par qui et comment cette dernière se fabrique.

C. Djerassi, une des vedettes de la chimie américaine de l'après-guerre, n'est pas un inconnu pour les non-spécialistes de langue française qui savent choisir leurs lectures. Il y a quelques années, il a publié un roman, *Le dilemme de Cantor* (éditions Balland, 1992), qui n'a pas échappé aux curieux des mœurs scientifiques. Cette histoire de fraude et de prix Nobel tourne autour de la quête pathologique de reconnaissance internationale qui obsède d'innombrables chercheurs. À cet égard, ceux qui connaissent l'au-

teur y auront retrouvé des situations et des préoccupations qui respirent l'authenticité du vécu : C. Djerassi n'a pas eu le prix Nobel, alors qu'il n'est pas le seul à croire qu'il l'aurait mérité.

Inventeur d'une hormone artificielle qui devait devenir, entre les mains du biologiste Gregory Pincus, «la» pilule anticonceptionnelle, artisan de la mutation qui, à partir des années 1950, a transfiguré la chimie organique par la mise en pratique de nouvelles méthodes empruntées à la physique, pionnier dans le domaine de la recherche de nouvelles substances naturelles d'origine marine, scientifique préoccupé des problèmes de société qu'ont soulevés ses propres travaux, collectionneur d'art précolombien et de la meilleure peinture moderne, mécène, créateur d'entreprise, dandy, séducteur, écrivain et poète : ce n'est pas à un chimiste ordinaire que nous devons cet ouvrage hybride, qui relève autant de la littérature que de l'histoire des sciences et de l'histoire tout court.

Son autobiographie, agréablement traduite, ne manquera pas de susciter des réactions diverses. La présence parfois encombrante de l'auteur, sa volonté de vouloir convaincre avec insistance qu'il est aussi homme de lettres et de culture pourront parfois irriter les moins indulgents. C. Djerassi lui-même va au-devant de ces mouvements d'humeur : «Tout ce qui peut être dit sur les récits autobiographiques, complaisance à l'égard de soi-même, vérités détournées, cajoleries délibérées ou inconscientes de sa propre image, tout cela, sans nul doute, a été déjà dit bien des fois.» Certains chapitres de l'ouvrage, à l'évidence, n'étaient pas d'une nécessité absolue, mais comment rester insensible à la lecture de ce chapitre bouleversant et pudique intitulé «Une dispersion des cendres», où C. Djerassi raconte la recherche éperdue du cadavre de sa fille Paméla, qui s'est suicidée au fond d'un bois ?

Reste à faire l'éloge du récit de l'aventure proprement scientifique de ce jeune juif mi-Autrichien, mi-Bulgare, né à Vienne en 1923 et émigré aux États-Unis en 1939 à la suite de l'Anschluss. Dès le troisième chapitre du livre, le lecteur sera plongé, sous la surveillance d'un maître nageur qui connaît son métier, dans le grand bain de la chimie des hormones annoncé par le titre. Il assistera à la naissance de la pilule anti-ovulatoire qui a changé la vie de millions de femmes. Plus tard, il accompagnera C. Djerassi dans ses réflexions sur les conséquences socio-économiques considérables d'une recherche sur les *stéroïdes*, dans le style de ce qui se faisait à l'époque, sans moyens exceptionnels, dans un petit laboratoire mexicain.

Pour celui que la vulgarisation passionne, mais qui se retrouve juge et partie devant l'un des rares ouvrages qui porte sur l'exploration d'un domaine qu'il connaît trop bien, il n'est guère possible de garantir que ce livre soit facile pour tout le monde. Je me risque cependant à dire que je ne connais pas de tentative plus vivante que cette autobiographie pour donner une idée de ce que peut – aussi – être la chimie de ce siècle.

Jean JACQUES

# Histoire des sciences

## Bain de science

Sven Ortoli et Nicolas Witkowski. Éditions du Seuil, 1996.

**Q**uand Roland Barthes offrit ses mythologies à un public gavé de signifiant et depuis longtemps oublieux du signifié des choses, ce fut pour beaucoup une illumination qui se répandit bien au-delà du cercle restreint des lecteurs. Il est vrai que les idées, comme les prions de la vache folle, ne se propagent pas par contact direct avec l'agent infectieux, mais par une sorte de mimétisme, à son tour, source féconde de mythes scientifiques. Le livre de Sven Ortoli et Nicolas Witkowski se situe dans la lignée de l'œuvre de Barthes ; cela suffit à en indiquer l'importance, que ne parvient pas à masquer le style enjoué et dépourvu de pédantisme.

Plus la science est présente dans la société et moins elle est objet de savoir, fonctionnant comme un mystère porteur d'une vérité révélée qui finit par sédimenter, comme jadis la religion, sous forme de breloques et d'images pieuses. «À défaut de comprendre les tenants et aboutissants d'une nouvelle théorie, [on se contente] – comme les amateurs d'autographes, les rockers qui collectionnent pieusement des bouts de veste de Johnny, ou les enfants qui conservent dans un tiroir un trésor de ressorts carrés, d'engrenages et de bouts de ficelle – d'en saisir le contexte, l'accessoire, pour l'ériger en relique sainte dans son petit musée personnel.»

La science, comme la religion, possède ses héros fondateurs. Archimède, le premier d'entre eux, a bondi nu et trempé hors de son bain en criant *euréka*



Selon Vitruve, Archimède trouva dans son bain un moyen de confondre l'orfèvre qui avait mêlé un métal peu coûteux à l'or utilisé pour la couronne d'Hiéron de Syracuse. Les choses se sont-elles passées ainsi ?

(«j'ai trouvé!»), livrant au monde un principe dont on se rend bien compte, à la lecture de nos deux démystificateurs, de tout ce qu'il contient en puissance d'ignorance et de superstitions pour les générations à venir. Et puis le grand savant est aussi un inventeur génial d'armes et d'engins de mort de toutes sortes. C'est une tradition qui sera maintenue. Ingénieur talentueux en armement, le grand Léonard, institué savant universel, a gâché son génie de peintre à cause de son goût pour le bricolage. Bernard Palissy a fait feu de tout bois pour retrouver le secret de l'émail et s'assurer un train de vie digne de ces inventeurs qui font aujourd'hui les *success stories*, et qu'il finisse embastillé n'est pas pour surprendre les contemporains de Bernard Tapie.

Les savants eux-mêmes mettent souvent la main à la pâte dans l'édification de leur propre mythe. La pomme de Newton n'est tombée qu'en 1726, à la veille de la mort du grand homme, lors de la rédaction de ses mémoires et, probablement, pour l'édification de sa charmante nièce Catherine, qui n'avait pas manqué de croquer le fruit en compagnie d'un amant influent, le ministre Halifax, protecteur de Newton, auquel Voltaire attribue tout le succès de la gravitation universelle dans les salons mondains.

Dans la galerie, des mythes se succèdent : Frankenstein, le créateur confondu avec sa créature ; Darwin et ses ancêtres singes ; Maxwell et son démon ; Mendeleïev rassemblant dans un tableau les «éléments» éparés de l'Univers ; Nobel, ou le

cocu vindicatif ; Einstein, fou et débile mental en proie à l'amour du monde ; Matila Ghyka et son nombre d'or ; le chat de Schrödinger dont le sourire dissimule le secret de la physique quantique ; trous noirs ou papillons dont les battements d'ailes déclenchent les cyclones, etc.

On ne peut raconter ce livre merveilleux. Loin de démystifier, il nous plonge dans le rêve et nous invite à trinquer joyeusement à la santé de nos savants.

Jean-Didier VINCENT

## Philosophie des sciences

### L'autorité de la science

François Lurçat. Éditions du Cerf, 1995.

**M**ille personnes pensent-elles plus juste qu'une seule ? Pas forcément. Pour François Lurçat, il n'y a aucune raison de se réjouir de l'accroissement considérable du nombre des chercheurs scientifiques dans les 30 dernières années. Cette «massification» de la recherche a entraîné un suivisme intellectuel qu'il décrit féroce-ment. Les scientifiques ont, en

bonne partie, renoncé à comprendre leurs disciplines pour se contenter d'affirmer leur professionnalisme. Autrefois, ils étaient leurs propres maîtres, comme des artisans ; aujourd'hui, ils dépendent de leurs supérieurs, comme des salariés dépendent de leurs patrons. Les chercheurs préfèrent désormais le consensus à la critique et font passer l'opinion avant la connaissance. Comme la société tout entière, ils se sont laissés prendre par le culte des médias, de la publicité, des sondages.

Un livre élitiste ? Sans doute, mais à condition de donner à ce terme un sens dépourvu de la moindre morgue. Plutôt qu'élitiste, disons que F. Lurçat est déçu par les scientifiques qui, manquant d'exigence vis-à-vis d'eux-mêmes, développent des techniques sans s'interroger sur leur sens. Tout son livre est éclairé par cette belle citation d'Emmanuel Levinas : «Le savoir ne devient savoir d'un fait que si, en même temps, il est critique, s'il se met en question, remonte au-delà de son origine (mouvement contre nature, qui consiste à quérir plus haut que son origine et qui atteste ou décrit une liberté créée).»

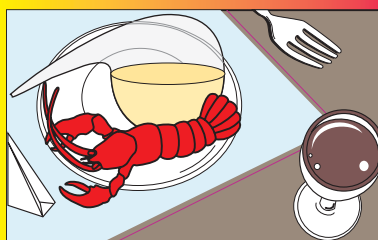
Professeur émérite de physique à l'Université Paris 11 d'Orsay, F. Lurçat est bien placé pour déceler et critiquer le «physicalisme», c'est-à-dire la tendance de certaines sciences à prendre la physique comme idéal de scientificité et à se modeler sur elle. Par exemple, elles s'emploient à réduire le complexe au simple. Double erreur, selon F. Lurçat. D'abord, cette conception de la physique est discutable ; de plus, quand des biologistes procèdent de la sorte, le réductionnisme où ils tombent est dangereux : il transforme l'homme en sujet d'expériences. Mieux vaudrait tirer la leçon des horreurs auxquelles ce genre d'attitude a conduit les scientifiques nazis. F. Lurçat attaque durement les neurosciences, en particulier J.-P. Changeux, dont l'homme neuronal – exemple extrême de réductionnisme – n'a ni corps ni esprit. Il n'est pas moins sévère avec un certain nombre de pseudo-sciences. Ainsi la «psychologie scientifique» ne fait-elle que mimer la scientificité : elle remplace la réflexion critique sur les fondements par un rituel d'imitation. F. Lurçat dénonce le bluff mathématique pratiqué par l'école de Piaget. Face à ceux qui se laissent fasciner par le formalisme et l'abstraction, il rappelle cette évidence trop oubliée : la constatation est plus riche que la déduction. De façon générale, il rejette le scientisme. S'inspirant de Dominique Janicaud, il en donne une caractérisation : le discours scientiste ne retient de la science que ses certitudes, non son sens critique.

## FRANCE INFO et POUR LA SCIENCE

vous invitent  
à écouter la chronique  
de Marie-Odile Monchicourt :

# Info Sciences

Tous les jours  
sur **France Info**  
à 11 heures 44,  
16 heures 21,  
18 heures 14,  
20 heures 12,  
22 heures 21  
et 0 heure 51



Les prochains  
résultats présentés  
dans la rubrique  
Science et Gastronomie  
seront annoncés sur  
**France Info**  
le 29 mai 1996



Composé de divers articles, le livre de F. Lurçat comprend également des réflexions plus techniques sur certains concepts physiques (espace, temps, chaos) que je ne puis discuter. Encore que je le croie volontiers quand il souligne le caractère hautement spéculatif de cette «théorie communément admise» qu'est le Big Bang.

Bref, ce livre dresse ce qu'il est convenu d'appeler un «réquisitoire accablant» contre l'état actuel de la recherche scientifique. Souhaitons qu'il fasse naître des discussions passionnées et argumentées. Un vif débat d'idées au sein de la communauté scientifique serait le démenti le plus sain que cette dernière pourrait apporter à F. Lurçat.

Didier NORDON

## Physique

### Turbulence

Uriel Frisch. Cambridge University Press, 1995.

**S**i le titre, simple et banal, renvoie naturellement aux observations de l'écoulement d'un torrent ou aux mouvements des nuages et des vagues, l'étude de la turbulence reste sans doute le problème le plus redoutable de la physique contemporaine.

Sir Horace Lamb, dont le livre *Hydrodynamics*, écrit dans les dernières années du XIX<sup>e</sup> siècle, est un premier ouvrage moderne de référence de mécanique des fluides, disait à la fin de sa vie : «Je suis un vieil homme maintenant et, lorsque j'irai au ciel, il y a deux choses que j'aimerais comprendre : l'une est l'électrodynamique quantique et l'autre est le mouvement turbulent des fluides. Concernant le premier sujet, je suis plutôt optimiste...»

Pourtant, Lucrèce pose déjà, à travers le clinamen, le problème de la sensibilité des écoulements turbulents à de petites influences. Les dessins de Léonard de Vinci, tel celui qui illustre la couverture du livre d'Uriel Frisch, montrent de façon saisissante la structure tourbillonnaire de l'écoulement d'eau derrière un obstacle. U. Frisch a d'ailleurs retrouvé cette description de la turbulence par Léonard de Vinci :

doue la turbolenza della acqua si genera  
doue la turbolenza dell acqua si mantiene pluglo  
doue la turbolenza dell acqua si posa

(où la turbulence de l'eau se crée  
où la turbulence de l'eau se maintient longtemps  
où la turbulence retourne au repos).

Le problème est déjà bien posé : de l'énergie est introduite par les grands mouvements de l'écoulement. Elle se transfère dans des mouvements à des échelles



L'étude de la turbulence a progressé grâce à l'exploration du chaos. Ici on a effectué le mélange de traceurs rouge et vert dans de la glycérine. Après avoir déplacé dix fois la paroi supérieure et la paroi inférieure, on obtient un mélange chaotique du traceur rouge et un mélange non chaotique du traceur vert.

de plus en plus petites, jusqu'à se dissiper dans des petits tourbillons. C'est à cette «cascade turbulente» de l'énergie qu'est attaché le nom de deux des plus grands savants de ce siècle, les théoriciens russes Andrei Kolmogorov et Lev Landau.

U. Frisch fait le point sur 50 ans d'une recherche active à partir de K41 (nom de code pour un article fameux de Kolmogorov écrit en 1941!) jusqu'à ses développements actuels, marqués, en particulier, par le travail expérimental d'Yves Couder, au Laboratoire de physique de l'École normale supérieure, qui bouscule quelque peu l'image traditionnelle de la cascade turbulente.

Le livre de U. Frisch est appelé, sans doute, à être la référence sur le sujet. Écrit à partir de cours de D.E.A. donnés à l'Université de Nice Sophia-Antipolis, l'ouvrage associe une présentation très pédagogique des notions de base sur les théories statistiques nécessaires à la compréhension du sujet à un traitement très détaillé de la turbulence à laquelle U. Frisch a consacré toute sa vie de recherche. Ainsi sont introduites les notions de probabilité et de statistique gaussienne. Celles-ci sont complétées par les notions d'autosimilarité et de multifractalité, nécessaires pour rendre compte du comportement très irrégulier et intermittent de la turbulence.

Mais la prise en compte des effets de géométrie, longtemps ignorée par les théoriciens de la turbulence, permet d'éclairer des notions telles que celles de tourbillons turbulentes. Une ligne fine de tourbillons concentrant la vorticité et la dissipation qui fait que «la turbulence retourne au repos» rend compte, au niveau spatial, des anomalies temporelles des fluctuations de la vitesse turbulente. En ce sens aussi, le livre est remarquable par la qualité des illustrations et des photographies qui accompagnent le texte.

U. Frisch accompagne cette visite scientifique savante d'une partie historique qu'annonce le sous-titre : *The legacy of A.N. Kolmogorov*. Ce n'est cependant pas un livre d'histoire de la turbulence, et le rôle, dans cette histoire, d'Osborne Reynolds et de Joseph Bousinesq, à la fin du siècle dernier, la place formidable de l'œuvre de G.I. Taylor et de L.F. Richardson à partir des années 1910 n'est qu'indiquée. Il s'agit bien avant tout de faire un point du sujet, dans ses développements les plus actuels, qui nous fait penser que nous ne sommes plus si loin de pouvoir donner aux m  nes de Lamb quelque éclairage supplémentaire sur le sujet. On ne peut que recommander l'achat de ce livre dans toutes les bibliothèques de physique.

Étienne GUYON

## RÉFÉRENCES DES ILLUSTRATIONS

Couverture : Marion Aguttes. P. 9 : James A. Brown, Richard A. Kerber et Howard D. Winters, *Trade and the evolution of exchange relations at the beginning of the Mississippian period*, in *The Mississippian Emergence*, sous la direction de Bruce D. Smith, Smithsonian Institution Press, 1990. P. 12 : Bulloz (Musée du Petit Palais). P. 13 (   gauche) : VLOO (Canstock Images). P. 13 (   droite) : document PLS. P. 14 : H. This. P. 16 : CNRS - Luc Passera. P. 17 (dessin) : Gallet-Tourreilles. P. 17 (photographie) : M. Signoli. P. 20 :    ArSci-Med. P. 21 : Florence Dor - Givaudan Roure. P. 22 : P.-J. Texier, CNRS. P. 23 : Don Snyder et Stephen Tait. P. 24 : PLS, d'après C. Prusiner. P. 25 : NHPA/Sunset. P. 26 : PLS/NASA. Pp. 27 et 28 : documents PLS. P. 29 : B. Saugier. P. 33 (en haut à gauche) : F. Dubois. P. 33 (en haut à droite) : document PLS. P. 33 (en bas) : M. Buess. P. 35 : G.B. Cadi  re. P. 36 : Ph. Mouret. P. 37 : d'après Christian Klaiber. P. 38 (en haut) : document PLS. P. 38 (en bas) : Pier/Götz. P. 41 : Norbert Quien, Rainer Wehrse et Christoph Kindl. P. 42 (en haut) : Holland Ford et Richard Harms. P. 42 (en bas) : Ulf Borgeest et Karl-Jochen Schramm, *Sterne und Weltraum*, janvier 1995. P. 43 (en haut) : *Contemporary Astronomy*, par Jay M. Pasachoff, W.B. Saunders, Philadelphia 1977/Spektrum der Wissenschaft. P. 43 (en bas) : Norbert Quien, Rainer Wehrse et Christoph Kindl/Spektrum der Wissenschaft. Pp. 44    47 : Norbert Quien, Rainer Wehrse et Christoph Kindl. P. 49 : Tomo Narashima. P. 50 (en haut et au milieu) : Lelio Orci. P. 50 (en bas) : avec

l'aimable autorisation du Buckminster Fuller Institute, Los Angeles. P. 51 : Lelio Orci. Pp. 52 et 53 : Tomo Narashima. Pp. 57 à 59 (en haut) : U.S. Air Force. P. 59 (en bas) : U.S. Navy. P. 61 (en haut et en bas à gauche) : National Reconnaissance Office. P. 61 (en bas à droite) : National Oceanic and Atmospheric Administration. P. 62 : U.S. Department of Defense. P. 63 : National Reconnaissance Office. Pp. 64    69 : Michael Goodman. P. 70 : Roberto Osti. P. 71 : Chip Clkark, Smithsonian Institution. P. 72 (en haut) : Jimmy Smith, Islands from the Sky. P. 72 (en bas à gauche) : Ilka C. Feller, Smithsonian Institution. P. 72 (en bas à droite) : Chip Clark, Smithsonian Institution. P. 73 (en haut) : Roberto Osti. P. 73 (en bas à gauche) : Molly Kelly Ryan, Smithsonian Institution. P. 73 (en bas à droite) : Sandy Canupp. P. 75 (   gauche) : Molly Kelly Ryan, Smithsonian Institution. P. 75 (   droite) : Klaus R  tzler. P. 77 : George Mulala. Pp. 78 et 79 : Laurie Grace et Pete Samek. P. 80 : Jessie Nathans. P. 81 : Gideon Mendel, Network Matrix. P. 84 (photographie) : Jonas Rabinovitch, avec l'aimable autorisation de la ville de Curitiba. P. 84 (carte) : Karl Gude. Pp. 85 et 86 (en haut) : Jonas Rabinovitch. P. 86 (en bas) : Karl Gude. P. 87 : Jonas Rabinovitch. P. 90 : Steven Lehman, SABA. Pp. 91 et 94 : Dimitry Schidlovsky. Pp. 96 et 97 : Jacques Ninio. Pp. 101 à 104 : documents PLS. P. 106 : Maous/Gamma. Pp. 107 à 109 : documents PLS. P. 111 :    Paris, BNF. P. 112 : C.W. Leong et J.M. Ottino, University of Massachusetts at Amherst.

# POUR LA SCIENCE

8, rue F  rou 75278 PARIS CEDEX 06

**POUR LA SCIENCE** Directeur : Philippe Boulanger. Rédaction : Philippe Boulanger (Rédacteur en chef), Hervé This (Rédacteur en chef adjoint), Françoise Cinotti (Rédactrice - Secrétaire générale de la rédaction), Bénédicte Leclercq, Luc Allemand, Yann Esnault, Philippe Pajot. Secrétariat de Rédaction : Annie Tacquetnet, Pascale Thiollier, Marion Aguttes. Direction Marketing et Publicité : Henri Gibelin, assistée de Séverine Merviel. Direction financière : Pierre Lecomte. Fabrication : Jérôme Jalabert, assistée de Fabienne Aubineau. Directeur de la publication et Gérant : Olivier Brossollet.

Ont également collaboré à ce numéro : Serge Allou, Éric Bouvier, Bettina Deb  , Christian Glattli, Éric Gourgoulhon, Évelyne Host-Platret, Marie-Thérèse Landousy, Philippe Machetel, Claude Olivier, Pierre Pfeiffer, Michel Rosenheim, Jacqueline Stern, Régine T  man.

**SCIENTIFIC AMERICAN** Editor : John Rennie. Board of editors : Michelle Press (Managing Editor), Timothy Beardsley, Wayt Gibbs, Marguerite Holloway, John Horgan, Kristin Leutwyler, Philip Morrison, Madhusree Mukerjee, Sacha Nemecek, Corey Powell, Ricki Rusting, David Schneider, Gary Stix, Paul Wallich, Philip Yam, Glenn Zorpette. Publisher : John Moeling. Chairman and Chief Executive Officer : John Hanley. Co-Chairman : Pierre Gerc  kens. Executive Committee : John Moeling, Vincent Barger, Robert Biewen.

## PUBLICIT   France

Chef de Publicité : Susan Mackie, assistée de Anne-Claire Ternois, 8 rue F  rou 75278 Paris Cedex 06. Tél. (1) 46 34 21 42.

T  l  x : LIBELIN 202978F.

Télécopieur : 43 25 18 29

**  tranger** : John Moeling, 415 Madison Avenue, New York. N.Y. 10017 - Tél. (212) 754.02.62

## SERVICE DE VENTE RÉSEAU NMPP

Henri Gibelin.

## DIFFUSION DE LA BIBLIOTHÈQUE POUR LA SCIENCE

**Canada** : Modulo - 233, avenue Dunbar Mont-Royal, Québec, H3P 2H2 Canada

**Suisse** : GM Diffusion - Rue d'Etraz, 2 - CH 1027 Lonay

**Autres pays** :   ditions Belin - B.P. 205, 75264 Paris Cedex 06.

**Toutes demandes d'autorisation de reproduire**, pour le public français ou francophone, les textes, les photos, les dessins ou les documents contenus dans la revue «Pour la Science», dans la revue «Scientific American», dans les livres   dit  s par «Pour la Science» doivent être adressées par écrit à «Pour la Science S.A.R.L.», 8, rue F  rou, 75278 Paris Cedex 06.

##    Pour la Science S.A.R.L.

Tous droits de reproduction, de traduction, d'adaptation et de représentation réservés pour tous les pays. La marque et le nom commercial «Scientific American» sont la propriété de Scientific American, Inc. Licence accordée à «Pour la Science S.A.R.L.»

En application de la loi du 11 mars 1957, il est interdit de reproduire intégralement ou partiellement la présente revue sans autorisation de l'éditeur ou du Centre Français d'exploitation du droit de Copie (3, rue Hautefeuille - 75006 Paris). Nos lecteurs trouveront en pages 18A, 18B, 98A et 98B des bulletins d'abonnement.