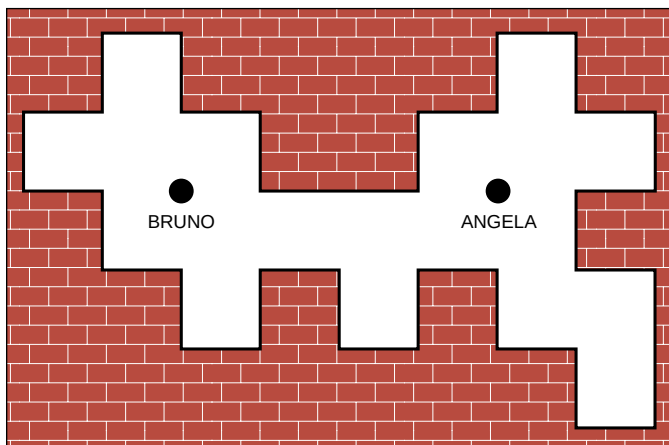
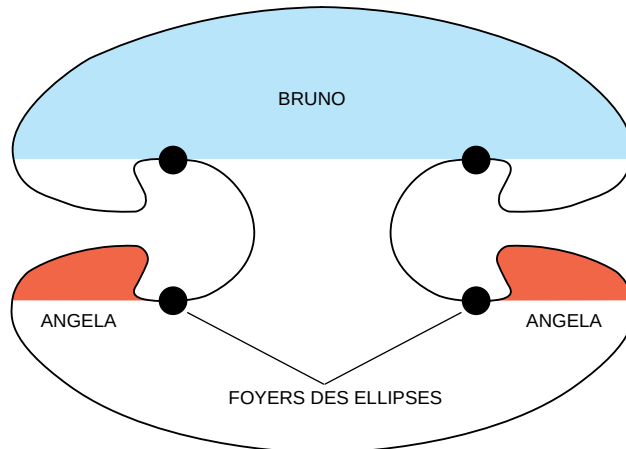




3. Ces blocs carrés constituent une autre chambre réfléchissante qui protège Angela de tout rayon issu de Bruno.



4. Ces arcs d'ellipses limitent une pièce comportant des zones en rouge où Angela ne reçoit aucun rayon issu de Bruno.

pairs. Si ces coordonnées ne sont pas toutes deux des multiples de 4, une au moins des coordonnées du milieu de AA' est un entier impair, et donc ce milieu est un point rouge ou blanc du réseau. Si les deux coordonnées de A' sont des multiples de 4, on remplace A' par le milieu A'' de AA' . Après un nombre fini de tels remplacements, on arrive à une coordonnée (au moins) impaire, et le résultat en découle. Si, par exemple, les coordonnées de A' sont (48 ; 28), celles de A'' seront (24 ; 14), celles de A''' (12 ; 7), qui sera donc un point rouge ou blanc.

Ainsi tout trajet déplié joignant A à un point noir du réseau frappe d'abord nécessairement un point rouge ou blanc et, par conséquent, le trajet réel doit frapper un des deux autres sommets avant de revenir vers A .

Nous pouvons construire des pièces polygonales en assemblant verticalement, horizontalement ou diagonalement des parties de ce réseau triangulaire (voir la figure 2). Supposons qu'un rayon de lumière parte de Bruno et, après diverses réflexions sur les murs de la pièce, atteigne Angela et que, tous deux, soient placés sur des points noirs. Nous pouvons alors replier ce rayon dans un unique triangle générateur, mais nous avons établi que tout trajet joignant deux points noirs devait frapper aussi un point rouge ou blanc, de sorte qu'en dépliant de nouveau, le rayon initial devrait aussi frapper un point rouge ou blanc. Supposons à présent que notre construction satisfasse les trois conditions suivantes

- Les deux points noirs représentant Angela et Bruno sont à l'intérieur de la pièce.
 - Aucun point rouge ou blanc n'est intérieur.
 - Tout point rouge ou blanc sur les limites de la pièce est sur un sommet.
- Alors tout rayon frappant un point rouge ou blanc frappe un sommet et est

donc absorbé, de sorte qu'un tel rayon lumineux n'existe pas.

Si vous essayez de construire de telles pièces, vous verrez que cela exige une dose minimale d'ingéniosité. Par exemple, vous devrez ajouter des triangles supplémentaires pour introduire des courbes additionnelles dans la frontière ; à moins d'être très attentif, ces torsions peuvent introduire de nouveaux points blancs ou rouges à l'intérieur du réseau et violer ainsi la seconde condition.

La pièce de l'illustration est construite avec 39 copies par réflexion d'un triangle rectangle isocèle : l'article de G. Tokarsky en contient une de 29 triangles composants. Sauriez-vous la retrouver ? Ou en trouver d'autres ? G. Tokarsky a aussi mis au point une théorie similaire pour les pièces s'obtenant en dépliant un rectangle ou en utilisant des triangles ayant d'autres formes, de même que des pièces tridimensionnelles obtenues à partir de principes similaires.

UNE SURFACE SOMBRE EXISTE-T-ELLE ?

Ces exemples montrent que, dans une chambre polygonale, il peut y avoir des points où une allumette enflammée n'éclaire pas tous les points de la pièce. Tout ce que nous avons prouvé, cependant, c'est qu'un point au moins n'est pas éclairé. Est-il possible alors que toute une région d'aire non nulle soit sans aucun point éclairé ? Le problème est nettement plus difficile. Tout ce que nous savons, c'est que les rayons partant de Bruno peuvent passer aussi près que l'on veut d'Angela ; nous avons juste prouvé qu'ils ne pouvaient pas frapper sa «tête».

La réponse concernant les pièces polygonales semble inconnue, mais avec un collaborateur, Roger Penrose, a montré, en 1958, que si une pièce a des fron-

tières courbes, des régions totalement non éclairées peuvent exister. Par exemple, vous vous souvenez qu'une ellipse possède deux points particuliers appelés foyers. On prouve que tout rayon lumineux passant entre les foyers et qui se réfléchit sur la courbe recoupe l'axe joignant les foyers avant de frapper de nouveau la courbe. En exploitant cette propriété, on peut facilement vérifier qu'une pièce limitée par deux moitiés d'une ellipse (voir la figure 4) a des régions totalement non illuminées. Tout particulièrement, des rayons issus d'un point de la région en bleu (Bruno) ne peuvent pénétrer les régions en rose (Angela).

Il y a beaucoup de problèmes similaires, certains résolus, d'autres non. Vous pourrez en trouver une sélection dans *Unsolved Problems in Geometry*, de Hallard Croft, Kenneth Falconer et Richard Guy (Springer-Verlag, 1991) ainsi que dans *Old and New Problems in Plane Geometry and Number Theory*, de Victor Klee et Stan Wagon (Association Mathématique Américaine, 1991). Par exemple, Jeffrey Rauch, de l'Université du Michigan, a montré qu'il existe une pièce à murs curvilignes «réguliers» en tous points, sauf un, qui requiert un nombre infini d'allumettes pour être entièrement éclairée.

J. Rauch a également prouvé que, pour tout nombre fini n d'allumettes, il existe une pièce à frontière curviligne régulière qu'on ne peut entièrement éclairer avec n allumettes. Janos Pach, du City College de New York, a posé cette élégante interrogation : si l'on craque une allumette dans une forêt d'arbres parfaitement réfléchissants, sa lumière sera-t-elle visible de l'orée ? Les arbres peuvent, par exemple, être schématisés par des cercles si le problème est envisagé dans le plan. Personne ne connaît la réponse !

Histoire des sciences

Histoire de l'agronomie en France

Jean Boulaine. Éditions Lavoisier Tec et Doc, 1996.

Qui écrit l'histoire des disciplines scientifiques ? Dans le cas de ma discipline, la chimie, je distingue trois catégories d'auteurs, que je propose d'extrapoler à l'histoire des sciences en général. La première est celle des professionnels de l'histoire des sciences, spécialistes, le plus souvent universitaires, de formation historique ou philosophique ; ils étudient surtout les périodes « classiques », déjà anciennes, dont ils privilégient volontiers les aspects épistémologiques ou sociologiques dans des ouvrages érudits ; ils abordent rarement les aspects actuels, trop techniques, des disciplines scientifiques. D'autre part, les vulgarisateurs, souvent polygraphes de talent, ont parfois un rôle important, parce que leur maîtrise de l'écrit met une matière précieuse du public à sa disposition : « Si Peau d'Âne m'était contée... » Ainsi F. Hofer, au siècle dernier, publia une *Histoire de la chimie* qui fit date. Infatigable, il publia également une *Histoire de l'astronomie*, une *Histoire de la physique et de la chimie*, une *Histoire de la botanique*, etc. Viennent enfin les scientifiques historiens qui, à partir de leur expérience professionnelle de chercheur, ont été amenés à réfléchir sur l'évolution de leur discipline ; sans négliger le passé, ils accordent une grande importance aux progrès récents (qu'ils sont capables d'expliquer) et aux évolutions qui y ont conduit. Eugène Chevreul, Hermann Kopp, Carl Schorlemmer, Wilhelm Ostwald, J. Partington, Paul Walden et Aaron Ihde ont été de ces chimistes qui se sont intéressés à l'histoire de la chimie. Avec l'*Histoire de l'agronomie en France*, dont Jean Boulaine nous présente la deuxième édition, nous avons un nouvel exemple d'un tel travail de scientifique historien.

D'emblée, l'entreprise était difficile : l'agriculture a été, dans le passé historique, c'est-à-dire

depuis 10 000 ans, l'occupation essentielle et la grande industrie des hommes, mais les témoignages, matériaux de base de l'historien, sont rares et dispersés : en 1979, Fernand Braudel regrettait encore que « les historiens spécialistes aient peu consacré leur attention aux techniques de l'agriculture ». C'est un agronome ayant une riche expérience professionnelle qui ouvre la voie.

Pourquoi avoir restreint le champ de l'étude au cadre géographique de la France ? Selon J. Boulaine, la rédaction d'une histoire mondiale de l'agronomie était au-dessus de l'état de l'information, des moyens dont il disposait et des conditions éditoriales de son travail. Ce cadre d'étude hexagonal n'empêche toutefois pas l'évocation de l'Amérique (la pomme de terre), des croisades (l'alcool) ou des Pays-Bas (apport de l'agriculture flamande, lors de la Renaissance), ni la mention de savants étrangers tels les chimistes Carl Scheele, Humphrey Davy ou Jöns Jacob Berzélius.

Après un chapitre préliminaire dense, mais clair, consacré aux « thèmes agronomiques de tous les temps », l'ouvrage, organisé en neuf chapitres eux-mêmes divisés en courts paragraphes, nous mène, par un découpage chronologique, de la préhistoire aux années 1990. Plus de 40 encadrés biographiques concernant les agronomes

les plus notoires sont dispersés dans l'ouvrage ; ils sont complétés par de nombreuses indications biographiques, dans le corps du texte.

Tout au long de l'ouvrage, le lecteur qui n'est pas spécialiste découvre une vision nouvelle de l'histoire de la France, une vision « agronomique ». L'exemple du Moyen Âge est frappant : autour de l'an mil, le cheval devient un animal polyvalent ; l'invention de l'étrier permet la constitution d'une cavalerie de choc, ce qui bouleverse l'art de la guerre, et le collier d'épaule constitue un progrès fondamental pour l'agriculture ; son utilisation permet de tripler, voir de quadrupler la force de traction du cheval, qui peut alors tirer une charrette ou être attelé à une charrette. J. Boulaine illustre cela d'une jolie formule : « pour comparer avec la vie actuelle, le Moyen Âge possède avec le cheval, et par rapport aux périodes précédentes, l'équivalent du tracteur, du camion et du char d'assaut. » Plus généralement, la « révolution industrielle du Moyen Âge » est fondée sur l'utilisation intensive de l'énergie de l'eau, du vent (moulins) et du fer, qui devient une matière première abondante ; son emploi plus fréquent conduit à des progrès décisifs pour l'outillage agricole, tout particulièrement la charrue et la herse.

Avec les passages consacrés à la gabelle, nous avons un autre exemple de cette vision historique renouvelée : l'auteur étudie l'impact économique de cet impôt sur le sel, si impopulaire du XIV^e siècle jusqu'à la Révolution. Montrant combien la gabelle a nuit à l'activité agronomique, il signale là un des exemples de contrainte, par le pouvoir central, sur des éléments qui favorisent la production agricole. Cette situation se renouvellera au XIX^e siècle avec les droits de douane sur les engrais.

Chacun des chapitres du livre apporte ainsi une contribution à cette vision originale des processus historiques. Nous assistons progressivement à l'émergence de l'agronomie, en tant que discipline scientifique nouvelle : à partir des années 1750, des hommes font passer l'agronomie, de l'état d'art pratique à celui de discipline scientifique, en sachant « élever leur réflexion au-delà des mises au point des découvertes et des plaidoyers, créer de nouveaux concepts, de nouvelles méthodes et bâtir une théorie là où il n'y avait qu'une accumulation de recettes ». Les pères fonda-



Jean-Baptiste Boussingault (1802-1887), « le plus grand agronome du monde ».

teurs les plus importants, selon J. Boulaine, sont Henri Louis Duhamel du Monceau (1701-1782), Alexandre Tessier (1741-1837), André Thouin (1747-1824), Antoine Laurent de Lavoisier (1743-1794), Pierre Samuel Dupont de Nemours (1739-1817), Louis Daubenton (1716-1800) et Arthur Young (1741-1820), cet Anglais dont les *Voyages en France* constituent une des meilleures descriptions de la campagne française au XVIII^e siècle.

La génération suivante verra les agronomes appuyer systématiquement leur activité sur les résultats obtenus dans les disciplines «fondamentales», telles la chimie, la biologie, la physique ou la mécanique. Cette assimilation des résultats scientifiques fondamentaux aidera l'établissement définitif de l'agronomie dans le cadre de concepts et de méthodes spécifiques, de mieux en mieux adaptées à ses objets d'étude. Signe tangible de cette transformation, on assiste, durant toute la seconde moitié du XIX^e siècle, à la professionnalisation et à la spécialisation des agronomes, à partir du tronc commun de la discipline : l'agrologie et la zootechnie apparaissent en 1843, la pédologie en 1862, l'écologie en 1866.

Ayant établi sa spécificité, sinon son autonomie, l'agronomie n'en dépend pas moins de sciences plus fondamentales qu'elles, telles la physique, la chimie et, bientôt, la biologie. Une trentaine de chimistes sont mentionnés à des titres variés, mais toujours importants, et la part de la chimie dans le développement et la maturation de l'agronomie, durant la dernière partie du XVIII^e siècle et tout le XIX^e siècle, apparaît essentielle : Lavoisier est aussi un des pères fondateurs de l'agronomie ; Liebig, en 1840, en introduisant la notion de «nutrition minérale des plantes», ouvre l'ère des engrais chimiques, dont l'usage, qui ne se généralisera qu'après de longues discussions, révolutionnera l'agriculture mondiale en multipliant la fertilité des sols ; Boussingault, «le plus grand agronome du monde», a laissé une brillante œuvre de chimiste, tout comme les Frédéric Kuhlmann, Anselme Payen, Jules Pelouze, Charles Müntz, Jean-Jacques Schloessing et tant d'autres ; Jean-Antoine Chaptal semble avoir été un peu oublié par l'auteur, mais sa *Chimie appliquée à l'agriculture*, de 1823, ainsi que ses travaux d'oenologie (la «chaptalisation») méritent d'être mentionnés. Michel Eugène Chevreul, qui mourut à l'âge de 103 ans, après plus de 80 années d'activité, a également beaucoup écrit sur des problèmes de chimie agricole. Marcellin Berthelot, le

«chimiste officiel» de la III^e République, n'a laissé à personne d'autre que lui le soin de célébrer ses mérites de pionnier dans l'étude de la fixation directe de l'azote dans les sols par voie microbienne. Comme dans d'autres domaines de la chimie, l'histoire a été plus sévère à son égard, ce que ne précise pas le paragraphe qui lui est consacré.

Pour en revenir à une période plus ancienne, je ne suivrai absolument pas J. Boulaine lorsque, évoquant les influences orientales, il «exécute» rapidement et injustement avec l'alchimie toute la chimie pré-lavoisienne, qui aurait été coupable de n'avoir connu que la distillation comme méthode d'analyse.

Les derniers chapitres du livre nous amènent de la Troisième République aux années 1990 (et non 1980 comme l'indique le titre du dernier chapitre). L'«agriculture» de tradition», qui culmine vers 1950, perd sa prééminence politique, en se modernisant. La politique agricole européenne, le développement des échanges internationaux, l'influence du «business agro-alimentaire» bouleversent le monde agricole. L'ouvrage se termine par l'évocation de quelques problèmes actuels et futurs auxquels l'agronomie française sera confrontée.

À plusieurs reprises, J. Boulaine signale combien il serait civiquement utile de donner une bonne information en agronomie aux économistes, aux politiques et aux citoyens conscients, afin d'éviter la propagation d'utopies dangereuses, tels le retour aux productions naturelles et l'abandon des engrais chimiques, dont l'auteur montre bien les conséquences désastreuses. On regrette alors de ne pas trouver une réflexion sur les problèmes de l'agriculture dite biologique ou de la pollution par les nitrates. C'est d'autant plus dommage qu'un graphique (p. 374), qui aurait mérité un commentaire plus développé, montre la tendance, depuis 1990, à une diminution de l'utilisation des engrais azotés.

Les index, bien fournis, font de cet ouvrage un utile outil de documentation, mais l'éditeur devrait les revoir soigneusement, car ils contiennent trop d'erreurs. La bibliographie, importante, pourrait également être améliorée : il serait utile de distinguer les références d'un même auteur parues la même année. Quelques oublis étonnent : ainsi le «livre de Liebig de 1840», souvent mentionné, ne figure pas dans la bibliographie ; il s'agit certainement de la *Chimie organique appliquée à la physiologie végétale et à l'agriculture*, dont la traduction française, par

C. Gerhardt, est parue en 1841 ; en 1847, le même traducteur proposait les *Lettres sur la chimie de Liebig*, qui reprennent notamment l'idée de nutrition minérale des plantes et qui connaîtront un bon succès de librairie. Concernant Boussingault, on est étonné de ne pas voir mentionné l'article de J. Boulaine concernant son séjour en Amérique du Sud (la Nouvelle-Grenade de l'époque), auprès de Bolivar, ainsi que le petit livre épatant de E. Kahane, *Boussingault, entre Lavoisier et Pasteur* (1988) ou l'étude très documentée de F. Mc Cosh, *Boussingault, Chemist and Agriculturist* (1984).

Georges BRAM

Anthropologie

L'homme, l'écriture et la mort

Entretiens avec Pierre-Emmanuel Dauzat, Jack Goody. Éditions Les belles lettres, 1996.

L'anthropologue britannique Jack Goody est mal connu du grand public français, bien que plusieurs de ses ouvrages aient été traduits. Il se révèle dans l'entretien biographique intitulé *L'homme, l'écriture, la mort*, qu'il a accordé à Pierre-Emmanuel Dauzat. Pourquoi s'intéresser à J. Goody ? Parce que sa vie se confond avec la naissance de l'anthropologie moderne, de terrain, dont nous avons aujourd'hui les fruits.

La conversation à peine remaniée (P.E. Dauzat n'expurge pas les répétitions) nous emmène d'abord au St John's College, à Cambridge. En 1938, J. Goody, qui avait 19 ans, préparait un diplôme de littérature anglaise, s'intéressait à Freud, au marxisme et devint membre du *Socialist Club*. Mais la guerre ajourna ses projets : durant six ans, il fut tour à tour combattant et prisonnier en Afrique du Nord, puis en Italie et en Allemagne. Démobilisé en 1946, il se fit l'avocat des grandes réformes travaillistes, particulièrement en matière de santé et d'éducation. Retournant à Cambridge, il assista aux cours d'E.E. Evans-Pritchard et passa sa licence d'anthropologie, avant de suivre l'enseignement de Meyer Fortes. Ce fut «surtout [...] l'expérience du camp, la promiscuité avec des gens de toutes les nationalités et des horizons les plus divers[...]» qui l'incita à devenir ethnologue.

Behring, Kitasako Shibasapuro, Jonas Salk ou Alfred Sabin ! Par le tableau sur les maladies auto-immunes, qui sont loin de se restreindre au lupus érythémateux ou à la myasthénie, on découvre tout un lot de maladies émergentes. Celui sur la thérapie génique précise la fréquence de chacune d'entre elles, le produit normal du gène défectueux et les cellules cibles qui sont visées.

Dans un domaine où les médias nous racolent avec des accroches clinquantes, il est bien agréable de découvrir à la lecture de cet ouvrage une approche humaniste et solide, où le bon sens n'est pas absent. Le discours est bien sûr marqué par les recherches menées à l'Institut de chimie des substances naturelles du CNRS, à Gif-sur-Yvette, et l'auteur rend, à juste titre, attentif à l'importance du réservoir quasi inépuisable constitué par le règne végétal. Ainsi la chimie des substances naturelles, après avoir fourni tous les antibiotiques majeurs, a-t-elle conduit plus récemment à la ciclosporine, qui a complètement changé la pratique, la physiologie et le pronostic des greffes d'organe. En cancérologie, après les alcaloïdes de la petite pervenche (vincristine, vinblastine, etc.), on lui doit le

taxol et le taxotère. Beaucoup de substances naturelles sont d'une originalité et d'une complexité structurale telle qu'aucun chimiste n'aurait jamais eu l'idée de les concevoir. Cela justifie qu'à côté des méthodes plus ou moins robotisées de synthèse chimique, que l'on regroupe sous le nom générique de synthèse combinatoire, on conserve l'étude des molécules naturelles comme source de nouveaux médicaments.

Au total, au cours de la seule année 1995, la recherche pharmaceutique a préparé et essayé plus de nouvelles molécules que toutes celles qui ont jamais été étudiées depuis l'aube de l'humanité. On doit ce bilan à la synthèse combinatoire, à la miniaturisation des tests, à leur robotisation et à l'appui majeur apporté par les progrès de la biologie moléculaire. Une révolution silencieuse a eu lieu ; elle a rendu obsolètes de nombreux articles ou ouvrages consacrés aux médicaments ces dernières années. La mise au point présentée par P. Potier est donc particulièrement recommandée à tous ceux qui souhaitent trouver en un texte concis une analyse juste et actuelle des grandes stratégies de la thérapeutique.

Camille Georges WERMUTH

RÉFÉRENCES DES ILLUSTRATIONS

Couverture : Slim Films. P. 9 (en haut à gauche et en bas) : DITE/USIS. P. 9 (en haut à droite) : Keystone. Pp. 12 à 15 : PLS, F. Godé. P. 16 : D.R. Pp. 20 et 22 : documents PLS. P. 23 : Jean Joachim, INRA. P. 24 (en haut) : document PLS. P. 24 (en bas) : Musée de la Marine. P. 25 : Raymond Nowak. P. 26 : document PLS. P. 27 : Musée d'Aquitaine. Pp. 28, 29 et 30 (en haut) : documents PLS. P. 30 (en bas) : Claude-Albert Boccara, ESPCI, CNRS. P. 31 : Gary Meslaros, Bruce Coleman Inc. Pp. 32 et 33 (en haut) : documents PLS. P. 33 (en bas) : Michael Crawford. P. 34 : NASA. P. 35 (en haut à gauche) : Boston Globe Photo. P. 35 (en haut au milieu) : Dee Breger, Lamont-Doherty Earth Observatory. P. 35 (dessins) : Steve Karp. Pp. 39 à 41 : documents PLS. P. 42 (ginseng) : Jacana. Pp. 42 à 44 : documents PLS. P. 47 : Robert Hunt. Pp. 48 à 52 : Corbis-Bettman ; Laurie Grace. Pp. 55 et 57 : Michael Goodman. Pp. 60 et 61 : IBM Almaden Research Center. Pp. 62 et 64 : Jared Schneidman Design. Pp. 66 et 67 : Quesada Burke Studios. Pp. 68 à 71 : Bert van den Brouke. P. 72 : Jared Schneidman

Design. Pp. 74 et 75 : Sam Ogden. P. 77 : document PLS. P. 78 : The Chronicle Publishing Company ; Hearst Corporation. Pp. 80 et 81 : Patricia J. Wynne. P. 82 : Johnny Johnson. P. 83 : Katherine Lambert. P. 85 : P.J. Wynne. P. 86 : Douglas H. Erwin. Pp. 88 et 89 : Roberto Osti. P. 90 (blatte, crabe, araignée) : Jennifer Christiansen. P. 90 (micrographie de gauche) : Ulrike Gruenert, Université de Francfort. P. 90 (micrographie du milieu) : Manfred Schmidt, Université de Francfort. P. 90 (micrographie à droite) : Ernst-August Seyfarth, Université de Francfort. P. 90 (Figure 2 : dessins du milieu) : Jared Schneidman Design. P. 90 (Figure 2 : en bas à droite) : Ernst-August Seyfarth. P. 90 (Figure 3 : dessins) : Roberto Osti. P. 90 (Figure 3 : en bas à gauche) : Ernst-August Seyfarth. P. 91 (Figure 4 : dessin) : Roberto Osti. Pp. 91 (Figure 4 : cartouche et figure 5) et 92 : Jared Schneidman Design. Pp. 94 et 95 : Xavier Ferrer et Adolfo de Sostoa. Pp. 96 et 97 : Jean-Philippe Fontanille. P. 101 : éditions Belin. P. 103 : documents PLS. Pp. 106 à 108 : Johnny Johnson. P. 110 : document PLS.

POUR LA SCIENCE

8, rue Férou 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 Tacquenot, Pascale Thiollier, Marion Aguttes. Direction Marketing et Publicité : Henri Gibelin, assisté de Séverine Merviel. Direction financière : Pierre Lecomte. Fabrication : Jérôme Jalabert, assisté de Delphine Savin. Directeur de la publication et Gérant : Olivier Brossollet.

Ont également collaboré à ce numéro : Dominique Bougerol, Paloma Cabeza-Orcel, François Clarac, Gilles Cuny, Bettina Debû, Paul Decaix, Alain Deutsch, Henri Godfrin, François Graner, Frédéric Guibal, Sylvie Hénon, Marie-Thérèse Landousy, Philippe Machetel, Claude Olivier, Michel Orliac, Guy Paulus, Éric Tournié.

SCIENTIFIC AMERICAN Editor : John Renne. Board of editors : Michelle Press (Managing Editor), Timothy Beardsley, Wyatt 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 Gercens. Executive Committee : John Moeling, Vincent Barger, Robert Biewen.

PUBLICITÉ France

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

Télex : LIBELIN 202978F.

Télécopieur : 43 25 18 29

Étranger : 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 : Éditions 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 édités par «Pour la Science» doivent être adressées par écrit à «Pour la Science S.A.R.L.», 8, rue Férou, 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.