

En outre, on remarque de fines bandes blanches dans les schistes sombres. Il s'agit manifestement de filons de quartz blanc. Ce sont des quartz d'exsudation d'origine hydrothermale : lorsque les sédiments se déforment à des températures de 300 à 400 °C, ils se transforment sous l'effet de réactions chimiques qui libèrent de l'eau. Celle-ci contient en solution de nombreux éléments et spécialement de la silice issue des sédiments argileux et des niveaux de grès (des anciens sables) intercalés. L'eau circule dans la roche comprimée, en s'injectant dans les fissures, les plans de schistosité et toutes les zones de faiblesse.

Toutes ces déformations ont eu lieu dans la grande chaîne hercynienne qui forme le substratum de toute l'Europe et dont les Cévennes sont un exemple. À la fin de l'ère primaire (il y a 250 millions d'années), la chaîne Hercynienne a été érodée et aplanie, puis recouverte au cours de l'ère secondaire, de tranquilles dépôts de calcaires marins.

On sait aujourd'hui que les schistes des Cévennes sont nés dans un contexte

similaire à celui en vigueur, sous nos yeux, dans l'Himalaya. Les schistes du Népal, situés au pied de la haute chaîne montagneuse qui atteint plus de 8 000 mètres d'altitude, sont proches de ceux des Cévennes. Ils résultent de l'enfoncement de la plaque indienne sous la plaque asiatique selon un mécanisme identique à celui qui s'est déroulé il y a 350 millions d'années en Europe.

Ce qui est actuellement la moitié Sud du Massif Central se trouvait à proximité du pôle Sud, et appartenait à un grand continent nommé Gondwana (futur Amérique du Sud, Australie, Antarctique, Afrique et Inde) qui était en grande partie couvert de glace. Un large océan séparait ce continent Sud des continents de l'hémisphère Nord. Le Gondwana s'est ensuite déplacé vers le Nord, sur des milliers de kilomètres : la largeur de l'océan intermédiaire a alors diminué, suite à son enfoncement en profondeur, jusqu'à la collision des continents suivie de l'enfoncement du continent Sud sous le continent Nord. Trop souvent, les peintres représentent mal les pierres, et sou-

vent, ils déforment tellement la réalité qu'un géologue s'en aperçoit au premier coup d'œil. Toutefois, ici, les blocs rocheux sont peints avec réalisme et un luxe de détails significatifs, qui prouvent qu'ils n'ont pas été inventés. Je fais le pari que tous les détails géologiques de cette peinture n'ont pas été « inventés », mais qu'ils ont plutôt été « observés », quelque part, dans les Cévennes. Un connaisseur de la région muni de ces différents détails géologiques devrait être capable de retrouver le site précis où cette peinture a été effectuée.

À cet égard, la rédaction offrira un abonnement d'un an à *Pour la Science* aux lecteurs qui nous enverront une photographie du site où M. Leenhardt a peint *Les héros de la liberté de conscience*.

Maurice MATTAUER est professeur émérite de géologie à l'Université de Montpellier II.

M. MATTAUER, *Ce que disent les pierres*, Belin-Pour la Science, 1998.



Musée du Désert

3. LES PROTESTANTS CÉVENOLS, au début du XVIII^e siècle, se réfugiaient dans les montagnes pour y pratiquer leur religion à l'abri des soldats de Louis XIV. Les Cévennes résultent du plissement de couches de sédiments entre deux plaques continentales.

Histoire des techniques

Terre d'inventeurs

Alain Frerejean. Éditions Tallandier, 2000 (355 pages, 130 francs).

Si «la grande histoire véritable est celle des inventions», comme l'a écrit Raymond Queneau, *Terre d'inventeurs* est un survol de notre histoire depuis 400 ans. Le livre présente, en dix chapitres, le portrait de treize inventeurs : certains bien connus, d'autres qui seront des découvertes pour beaucoup.

Denis Papin, le talentueux mais malheureux précurseur de la machine à vapeur et de la cocotte-minute, ouvre la marche. Il précède Claude Berthollet, un des très grands chimistes de la fin du XVIII^e siècle et du début du XIX^e, qui prépara notamment l'eau de Javel. Nicolas Conté inventa le crayon qui porte son nom et perfectionna l'usage des aérostats. Nicolas Appert trouva le moyen de conserver les aliments en bloquant les fermentations par la chaleur, et Louis Pasteur, plus tard, lui rendra hommage. Puis la photographie apparaît grâce au duo Nicéphore Niepce et Louis Daguerre.

Malgré le caractère hexagonal que semble indiquer le titre du livre, deux étrangers y figurent. Le premier est le l'Américain Isaac Singer, qui sut faire une réussite commerciale de la machine à coudre, inventée par Barthélemy Thimonnier. Le second est le baron Drais, dont la draisienne, qui reste surtout connue des cruciverbistes, a été améliorée par le mécanicien Louis Michaux : ce dernier perfectionna la propulsion de l'engin en inventant les pédales fixées sur l'axe de la roue avant, ce qui conduira, après bien des améliorations, à la bicyclette.

Louis Lumière, aidé par son frère Auguste, a été le père du cinématographe ; mais on ignore souvent que les deux frères déposèrent également plus de 200 brevets d'invention dans les domaines les plus variés de la chimie, de la physique, de la biologie et de la mécanique. Louis Renault, «le mécano de génie», a été le constructeur d'automobiles dont le nom a été pérennisé ; il a également joué un rôle considérable dans l'industrie militaire durant la Première Guerre mondiale.

Le dernier chapitre est consacré à Jean Mantelet, mort en 1991. L'évocation de ce personnage, dont le nom ne doit être connu que de quelques initiés, est judicieuse : en 1931, il invente le moulin à légumes – un million d'exemplaires ven-

du en un an –, puis toute une série de petits appareils ménagers mécaniques. À partir des années 1950, sous la marque *Moulinex*, il développe une gamme complète d'appareils électroménagers et se targuera – ce sera l'un des slogans publicitaires de la marque – d'avoir «libéré la femme».

La personnalité souvent captivante des inventeurs évoqués et les circonstances de leurs inventions sont bien présentées. On lit avec plaisir ce livre, bien écrit, et qui nous offre une fresque, partielle bien sûr, mais fort intéressante des inventions qui ont façonné notre vie quotidienne.

Pourtant... mes éloges doivent s'accompagner de quelques critiques. Ce livre pose le grave problème de la fiabilité des informations présentées. On a dit que «l'histoire est une belle fille que l'on peut violer à condition de lui faire un bel enfant». Le propos est amoral et machiste, mais ce qui est sûr, c'est que celui qui ne respecte pas l'histoire, la vraie, entre au mieux dans le domaine de l'histoire romancée. Je suis gêné que l'auteur de *Terre d'inventeurs* soit tombé dans ce genre – respectable – sans en être conscient ou, du moins, sans qu'il l'annonce à ses lecteurs.

Les historiens professionnels qui ont étudié le dossier sont maintenant d'accord pour affirmer que le mot célèbre «La République n'a pas besoin de savants» n'a pas été prononcé par le président du tribunal révolutionnaire qui condamna à mort Lavoisier et les autres fermiers généraux, contrairement à ce qui est écrit dans le livre. De toute façon, cette déclaration n'aurait pas pu être faite, comme l'écrit l'auteur, en réponse à l'abbé Haüy, lequel aurait témoigné à l'audience en faveur de Lavoisier : l'abbé Haüy a effectivement envoyé une pétition en faveur de Lavoisier, mais celle-ci fut antérieure au procès ; au cours de ce dernier, il n'y eut pas de témoins appelés à l'audience. Ainsi A. Frerejean cite un mot historique qui n'a pas été prononcé ; il existe des recueils de ces mots qui ne sont pas sans intérêt, au contraire : ils soulignent l'importance de l'événement qu'ils contribuent à pérenniser, en lui donnant ou en lui ajoutant un caractère mythique.

L'auteur a accompagné son livre d'une bibliographie, ce dont je suis heureux, mais il serait préférable que cette bibliographie corrobore les faits décrits et la manière dont ils sont rapportés. Par exemple, A. Frerejean décrit une entrevue très (mélodramatique) entre Berthollet et Robespierre. Intéressé – et étonné – par cet épisode, j'en ai recherché les sources dans la bibliographie. Deux ouvrages concernent directement Berthollet, ceux de Michelle Goupil et de Maurice Crosland. Le premier est muet sur cet épisode ; le second l'évoque, mais sans lui donner, ni dans le fond ni dans la forme, le caractère théâtral qu'il a ici.

D'autre part, je regrette que l'auteur ait jeté un voile pudique sur des épisodes de la vie de quelques-uns de ces inventeurs : même s'ils ne sont pas en rapport direct avec leurs réalisations, ces événements font partie de leurs biographies. On lit ainsi que Louis Renault mourut le 24 octobre 1944 «dans des circonstances tragiques». Le lecteur à qui la vie et l'œuvre de Louis Renault ont été présentées en plus de 50 pages a le droit de savoir que, les usines Renault ayant travaillé pour les Allemands pendant la guerre, Louis Renault a été inculpé de collaboration avec l'ennemi, à la Libération. Il mourut après un séjour en prison, et son entreprise fut nationalisée. Plus récemment, l'activité des frères Lumière durant l'Occupation a été mise en cause, au point qu'un projet de billet de banque à leurs effigies a été abandonné. Ces faits appartiennent à l'histoire de ces hommes, à notre histoire. On peut les discuter, mais rien ne sert de les occulter : les cadavres dans les placards finissent toujours par ressortir.

Georges BRAM

Physique

Généalogie de la matière

Michel Cassé. Édition Odile Jacob, 2000 (276 pages, 160 francs).

Depuis un demi-siècle, l'astrophysique et la cosmologie tissent des liens de plus en plus étroits avec la physique des particules, dont les théories tentent de décrire la nature et la structure de la matière. Les conditions physiques (densité, température...) étant extrêmes dans les étoiles et dans les phases primordiales de notre Univers, les observations astrophysiques et cosmologiques prolongent les études en accélérateurs de particules.

La paternité de cette idée revient probablement au physicien américain d'origine russe Georges Gamow, qui tira deux conséquences essentielles de l'existence d'un Big Bang. D'une part, il prédit l'existence d'un rayonnement électromagnétique qui emplirait l'Univers (il calcula que l'énergie de ce rayonnement correspondrait à une température d'une dizaine de kelvins), et, d'autre part, il montra que les éléments chimiques pouvaient être synthétisés lors de réactions nucléaires par un mécanisme de «nucléosynthèse».

Le rayonnement électromagnétique fut détecté en 1965 par les physiciens américains Arno Penzias et Robert Wilson :

sa température est égale à 2,7 kelvins. Depuis son observation par le satellite COBE, de nombreux cosmologistes en étudient les propriétés ; ils ont déjà réussi à relier l'existence de grandes structures (amas de galaxies ou galaxies), dans l'Univers, à des phénomènes dont l'origine se trouve dans les théories des hautes énergies. On étudie aujourd'hui comment ces observations, et celles qui suivront, éclaireront le mécanisme à l'origine des structures observées dans l'Univers et dévoileront les conséquences des théories de supercordes et des nouvelles idées sur les structures de l'espace...

La nucléosynthèse fait l'objet du livre de Michel Cassé : des réactions nucléaires dans l'Univers et dans les étoiles forment les éléments, du deutérium (noyau à deux particules nucléaires, ou nucléons) jusqu'à l'uranium (noyau à 238 nucléons). Gamow avait compris que la nucléosynthèse primordiale engendra de l'hydrogène, de l'hélium et un peu de lithium. Puis, entre 1954 et 1957, Fred Hoyle, William Fowler, Margaret et Geoffrey Burbidge comprirent qualitativement que des éléments chimiques compris entre le lithium et le fer se forment dans les étoiles (nucléosynthèse stellaire), et que des éléments compris entre le fer et l'uranium apparaissent lors des explosions d'étoiles, ou supernovae (ces découvertes valurent le prix Nobel à tous les physiciens cités, sauf à Fred Hoyle, dont les idées sur le Big Bang étaient jugées hérétiques). À ces deux mécanismes s'ajoute celui qui forme le lithium, le béryllium et le bore par interaction des rayonnements cosmiques avec les éléments déjà formés.

M. Cassé suit ces trois voies pour nous conter la genèse des éléments chimiques, au fil de cycles de réactions nucléaires fortement imbriqués avec l'histoire de l'évolution stellaire. Un va-et-vient incessant entre l'astrophysique et la physique nucléaire au cours duquel nous sommes initiés à l'histoire du carbone et du fer, à l'alchimie stellaire de l'or et du plomb. L'exposé scientifique, bien documenté par de nombreux graphiques et tableaux, est saupoudré d'anecdotes historiques et dresse un tableau fidèle et rigoureux (mais pourquoï tant d'erreurs typographiques!) de l'état de l'astrophysique nucléaire.

La matière dont nous parle M. Cassé n'est qu'une part infime de la matière présente dans l'Univers. Elle a le bon goût d'être la matière constitutive des êtres vivants (du moins ceux que nous connaissons) et d'être visible. Comme le dit M. Cassé, dans une langue très imagée et haute en émerveillement : «les atomes des étoiles parlent aux atomes des yeux le langage de la lumière». Les observations cosmologiques indiquent que cette matière habituelle, «baryonique», n'est

que l'écume de la matière présente dans l'Univers. Plus des neuf dixièmes de la matière seraient invisibles (la célèbre «matière noire») et d'une nature nouvelle. Ces idées récentes de la cosmologie et leurs implications sont discutées brièvement dans le livre.

La quête commençante de cette matière invisible crée un lien supplémentaire entre astrophysique, cosmologie et physique des particules. Qui démasquera la matière noire : les télescopes ou les accélérateurs ? Plutôt qu'une course, il devrait y avoir des passages de relais. Les observations actuelles du fond diffus électromagnétique, des rayons cosmiques de très haute énergie, la recherche de matière noire... promettent de riches heures et de nombreux échanges entre les astrophysiciens, les cosmologistes et les physiciens des particules.

Le livre de M. Cassé nous rappelle que les interactions entre ces disciplines ne sont pas nouvelles. L'astrophysique nucléaire est une illustration riche en enseignements des fenêtres ouvertes entre l'observation de notre Univers et les théories censées décrire la structure de la matière à haute énergie.

Jean-Philippe UZAN

Économie

La théorie des jeux

Gaël Giraud. Éditions Flammarion, 2000 (318 pages, 59 francs).

Théorie des jeux et modélisation économique

David Kreps. Éditions Dunod, 2000 (166 pages, 178 francs).

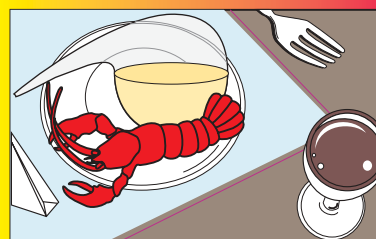
La théorie des jeux est à la mode en sciences sociales, et son exemple fétiche est le «dilemme des prisonniers» : deux personnes soupçonnées d'avoir commis un larcin se dénoncent mutuellement – et sont sanctionnées –, car chacune est alléchée par la promesse d'une prime (pour la toucher, il faut toutefois ne pas avoir été soi-même dénoncé), alors qu'elles gagneraient à se taire toutes deux (elles seraient libres, mais ne toucheraient pas de prime). Cette étonnante mise en avant d'un dilemme conduit nécessairement à la question : qu'est-ce que la théorie des jeux ? Gaël Giraud, comme la plupart des théoriciens des jeux, répond : «C'est une branche des mathématiques appliquées.»

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 15 heures 41,
17 heures 10,
20 heures 12,
22 heures 12,
et 23 heures 42



Les prochains
résultats présentés
dans la rubrique
Science et Gastronomie
seront annoncés sur
France Info
le 25 janvier 2001.



POUR LA SCIENCE

8, rue Férou 75278 PARIS CEDEX 06
Tél : 01-55-42-84-00
<http://www.pourlascience.com>
Commande de dossiers ou de magazines :
01-55-42-84-00 poste 4016 ou 4017

POUR LA SCIENCE Directeur de la rédaction : Philippe Boulanger. Françoise Cinotti (Rédactrice en chef), Philippe Pajot, Loïc Mangin, Claire Le Poulennec, François Savatier, Emmanuel Leclerc, Laurence Plévert, Marie-Neige Cordonnier (Rédacteurs). Secrétariat de rédaction/Maquette : Annie Tacquet, Pascale Thiolier, Céline Lapert, Sylvie Sobelman. Site Internet : Cyril Lamotte. Marketing et Publicité : Stéphane Montouchet, assisté de Séverine Merviel et Christophe Vitiello. Direction financière : Anne Gusdorf. Direction du personnel : Jean-Benoît Boutry. Fabrication : Jérôme Jalabert, assisté de Géraldine Le Coz. Presse et communication : Sylvie Gillet, assistée de Nathalie Choplain. Directeur de la publication et Gérant : Olivier Brossollet. Conseiller scientifique : Hervé This.

Ont également collaboré à ce numéro : Paul Decaix, Évelyne Host-Platret, Marie-Thérèse Landousy, Anne Masé, Alexis Michel, Harold Mouras, Claude Olivier, Marie-Pierre Olphand, Christophe Pichon, Jean Schneider, Daniel Tacquet, Dominique Valentian.

SCIENTIFIC AMERICAN Editor : John Rennie. Board of editors : Michelle Press, Mark Alpert, Carol Ezzell, Wayt Gibbs, Kristin Leutwyler, Madhusree Mukerjee, George Musser, Sasha Nemecek, Ricki Rusting, Sarah Simpson, Gary Stix, Philip Yam, Glenn Zorpette. Chairman Emeritus : John Hanley. Chairman : Rolf Griesebach. President and Chief Executive Officer : Gretchen Teichgraber. Vice-President : Chuck McCullagh and Frances Newburg.

PUBLICITÉ France

Chef de Publicité : Jean-François Guillotin
(jf.guillotin@pourlascience.fr), assisté d'Irène Limon
8 rue Férou 75278 Paris Cedex 06
Tél. : 01 55 42 84 28 ou 01 55 42 84 97
Télécopieur : 01 43 25 18 29

Étranger : 415 Madison Avenue, New York.
N.Y. 10017 - Tél. (212) 754.02.62

SERVICE ABONNEMENTS

Anne-Claire Ternois : 01 55 42 84 04

SERVICE DE VENTE RÉSEAU NMPP

Christophe Vitiello : 01 55 42 84 81

DIFFUSION DE LA BIBLIOTHÈQUE

POUR LA SCIENCE

Canada : Edipresse : 945, avenue Beaumont, Montréal, Québec, H3N 1W3 Canada.

Suisse : Servidis : Chemin des châlets, 1979 Chavannes - 2 - Bogis

Belgique : La Caravelle : 303, rue du Pré-aux-oides - 1130 Bruxelles.

Autres pays : Éditions Belin : 8, rue Férou - 75278 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 de l'exploitation du droit de copie (20, rue des Grands-Augustins - 75006 Paris).

Nos lecteurs trouveront des bulletins d'abonnement en pages 18A, 18B, 98A et 98B.

Voilà qui est bien vague, car à quoi les mathématiques sont-elles «appliquées»? Et à quelle fin? G. Giraud ne répond pas vraiment à ces questions. Tout au long de son ouvrage, il montre des situations variées, qui vont des privatisations des monopoles à la *pax romana*, en passant par les grèves de 1936, où l'on voit divers «jeux» (les gains de chacun dépendant de la décision des autres), mais il se garde bien de les mettre sous une forme précise qui dirait à quoi servent les mathématiques. À le lire, on a le sentiment que la théorie des jeux ne traite pas des situations réelles, mais plutôt qu'elle examine des situations que la société considère comme «idéales» : l'auteur qualifie d'ailleurs souvent le théoricien des jeux d'«ingénieur social».

Cette dimension normative de la théorie des jeux est soulignée dès le début du premier chapitre : «La première question à laquelle la théorie des jeux s'efforce de répondre est la suivante : comment définir un «bien commun» à un groupe d'individus ayant des intérêts contradictoires?» La définition du bien commun est évidemment difficile : ce qui est le meilleur pour certains ne l'est généralement pas pour d'autres. Il n'existe donc pas, sauf cas très exceptionnel, de situation (d'issue du jeu) qui s'impose à tous comme «la» solution que le théoricien pourrait prescrire (en jouant son rôle d'«ingénieur social»). Ainsi la question que pose G. Giraud – définir un «bien commun» – n'a généralement pas de réponse.

Aussi les théoriciens des jeux adoptent-ils un point de vue plus limité, qui consiste à définir ce qu'ils appellent des «concepts de solution», ensembles de caractéristiques jugées raisonnables ou souhaitables (par le modélisateur ou les «joueurs»), tout en permettant le traitement mathématique. Le grand nombre et la diversité des concepts de solution est un des traits marquants de la théorie des jeux. G. Giraud en donne une longue liste : ensemble de marchandage, cœur, noyau, nucléolus, valeur de Shapley, équilibres de Nash, parfaits en sous-jeux, séquentiels, corrélés... Cette liste peut conduire à l'idée d'une «richesse» de la théorie des jeux... mais aussi à un sentiment de désordre : pourquoi opterait-on pour tel concept de solution plutôt que pour tel autre? Et à quelle fin? On revient à la question initiale : que veut exactement la théorie des jeux?

Par exemple, au début du chapitre VII, sur «la stabilité stratégique», G. Giraud écrit : «Nous savons que, si nous voulons être en mesure de prescrire aux joueurs d'un jeu non coopératif un comportement autoperformatif (*sic!*), alors le N-uplet de stratégies qu'il nous faudra retenir devra être un équilibre de Nash.» On retrouve l'idée que la théorie des jeux «prescrit».

Dans le cas présent, c'est un équilibre de Nash, en raison de ses «comportements autoperformatifs» – autrement dit, les prévisions sur la base desquelles les choix ont été faits sont vérifiées (ou confirmées). Pourquoi privilégier une telle situation? «Avoir vu juste» procure peut-être une certaine satisfaction, mais cela n'est sûrement pas une justification. G. Giraud a par ailleurs étudié le cas du dilemme des prisonniers et montré que, si celui-ci est répété un nombre fini de fois, le seul équilibre de Nash («autoperformatif») procure des gains nuls ou négatifs aux joueurs, alors qu'ils pourraient être très élevés – si le jeu est répété un grand nombre de fois – avec un autre type de comportement. «Prescrire» un équilibre aussi peu intéressant est donc une absurdité.

Emporté par son enthousiasme, G. Giraud écrit même qu'en adoptant le cadre de la théorie des jeux «les économistes se contentent souvent d'une représentation simplifiée du monde qu'ils étudient, avec l'espoir qu'une formalisation plus réaliste les conduirait à des conclusions qui ne diffèrent pas qualitativement de celles auxquelles ils peuvent parvenir à moindres frais. Les physiciens qui font de la mécanique classique n'agissent pas autrement : ils n'ignorent certes pas que les phénomènes qu'ils étudient relèvent fondamentalement de la mécanique relativiste, mais, en présence de vitesses faibles comparées à la célérité de la lumière, troquer les équations d'Einstein contre celles de Newton apporterait un gain de précision ridicule comparé à la perte de temps et d'énergie qu'occasionnerait un tel souci de réalisme». La théorie économique, grâce notamment à la théorie des jeux, aurait donc atteint la précision de la mécanique newtonienne? Voilà qui étonnera quiconque a côtoyé les prévisions économiques...

Si l'on veut se faire une idée sérieuse de la théorie des jeux, mieux vaut se reporter à une valeur sûre, l'ouvrage de David Kreps, *Théorie des jeux et modélisation économique*, récemment traduit en français (aux éditions Dunod). Mondialement reconnu, D. Kreps est bien moins ambitieux que G. Giraud : loin de laisser entendre que la théorie des jeux pourrait expliquer la plupart des faits économiques et sociaux, passés et présents, il se contente de consigner ses réflexions – très nuancées et proches du scepticisme – à son propos, tout en la présentant de façon claire et accessible au non-initié.

Bernard GUERRIEN

La liste de tous les livres reçus en service de presse par la rédaction de Pour la Science est donnée sur notre site Internet, à l'adresse : <http://www.pourlascience.com>