

compte que les chiffres dont on connaît tous les chiffres précédents.

Plus important encore, la formule BBP ouvre la porte à une étude mathématique générale des chiffres de π qui est restée décevante jusqu'à présent. La seule chose démontrée concernant les chiffres de π est que jamais ils ne se répètent périodiquement : sinon, π serait rationnel (rapport de deux entiers), ce qui n'est pas le cas, comme on le sait depuis 1766 grâce à une démonstration du mathématicien Lambert. Rien d'autre n'est connu sur les propriétés des chiffres de π (le fait qu'il soit transcendant, comme l'a montré Lindemann en 1882, ne fournit aucune propriété intéressante de ses chiffres).

Parce qu'elle donne un accès plus immédiat aux chiffres de π que toutes les formules connues jusqu'à présent, la nouvelle formule permettra peut-être de prouver que les chiffres de π sont équitablement répartis (un tel nombre est appelé normal), ce qui a été constaté, mais jamais démontré. Ce serait une avancée remarquable. À défaut, peut-être pourra-t-on trouver des motifs réguliers dans ces chiffres ou une certaine structure, éventuellement complexe, mais différente de celle d'une suite aléatoire. Ce serait formidable, car tous les tests statistiques faits jusqu'à présent sur les chiffres binaires ou décimaux de π n'ont amené que la conclusion qu'ils étaient d'une désespérante banalité.

S. Plouffe juge possible une telle avancée : «Je crois que la preuve que $\log(2)$ ou π sont normaux en base 2 n'est pas loin et je n'écarte pas même une formule directe qui donnerait la n -ième position de $\log(2)$ en binaire en temps linéaire.» D'autres mathématiciens, tels D. Bailey et J. Shallit, croient aussi à une avancée proche sur ces questions bloquées depuis deux siècles.

Des formules analogues à celle trouvée par S. Plouffe ont été découvertes, qui montrent, par exemple, que π^2 , $\pi\sqrt{2}$, $\log(2)$ sont dans la classe de Steven SC_2 . Pour les logarithmes, quelque chose d'étonnant se produit : on a trouvé des formules pour $\log(2)$, $\log(3)$, ..., $\log(22)$, mais pas pour $\log(23)$. Il se peut que, pour une majorité d'entiers, $\log(n)$ soit dans SC_2 . Peut-être même le sont-ils tous, mais cela reste à prouver.

La passion que S. Plouffe éprouve pour π n'est pas nouvelle. En 1975, il avait mémorisé 4 096 décimales de π (le record actuel est de plus de 42 000). Il figurait à ce titre dans le *Livre des records*. Il est amusant de voir que, 20 ans après, il participe à une découverte de premier ordre concernant π .

Pour mémoriser les décimales de π , il raconte qu'il les prenait par groupes

de 100, les écrivait plusieurs fois et réussissait ainsi à les connaître grâce à sa mémoire photographique des chiffres. Pour ne pas oublier les décimales apprises, il s'isolait régulièrement dans le noir pour les réciter. Après son record de 4 096, il réussit à atteindre 4 400, et décida alors de s'arrêter. Cette connivence avec les chiffres rappelle celle d'Euler et de Ramanujan.

LES MATHÉMATIQUES EXPÉRIMENTALES

L'équipe de l'Université Simon Fraser qui a découvert la nouvelle formule pour π participe et anime un groupe de mathématiciens qui préconisent une nouvelle pratique des mathématiques. Pour eux, les mathématiques à la fin du XIX^e siècle sont devenues abstraites parce que tout (ou presque) ce qui pouvait être trouvé «à la main» l'avait été. Ils soutiennent qu'avec les ordinateurs une nouvelle ère de mathématiques concrètes et expérimentales doit se développer.

L'interaction entre un logiciel de calcul numérique ou formel et un mathématicien permet d'explorer des domaines où la longueur et la complexité des manipulations symboliques ne sont plus des obstacles. L'ordinateur assiste le mathématicien en effectuant des tâches fastidieuses comme la dérivation, le calcul de primitives, la factorisation des polynômes, etc. La recherche de mises en correspondance numériques peut être menée à grande échelle, et la démonstration automatisée de formules intermédiaires complexes est confiée à des programmes.

Même si la formule de D. Bailey, P. Borwein et S. Plouffe avait pu être découverte sans ordinateur, elle l'a été avec ! C'est à la suite d'une exploration consciente menée par Simon Plouffe que la formule est apparue, exploration où l'intelligence du mathématicien et le pouvoir de manipulation symbolique extraordinaire des programmes informatiques ont travaillé en symbiose. Une fois la formule trouvée, il fallait la démontrer. Cela aurait pu être fait à la main, mais l'aide d'un programme rendit la tâche plus facile (précisons toutefois que la démonstration trouvée a été vérifiée sans ordinateur).

Aujourd'hui, ces mathématiciens qui préconisent l'utilisation de l'ordinateur pour trouver de nouvelles «vérités» mathématiques poursuivent des travaux qui avaient été plus ou moins abandonnés à cause de la complexité de calculs qu'il n'était pas envisageable de poursuivre à la main. Le grand mathématicien indien Ramanujan, qui avait un don mathématique exceptionnel pour trouver des formules (dont certaines

concernent π), avait réussi à aller un peu plus loin que ses prédécesseurs ; aujourd'hui, grâce aux ordinateurs et aux mathématiciens expérimentateurs, son travail se poursuit.

ORDINATEURS ET VÉRITÉS MATHÉMATIQUES

Ces recherches posent de nouveaux problèmes à la philosophie des mathématiques, car, par exemple, il arrive qu'une formule soit découverte par interaction avec l'ordinateur sans qu'on réussisse à en donner la preuve. Dans un tel cas, les mathématiciens expérimentateurs ne considèrent pas que la formule est vraie : ils acceptent la distinction classique entre *vérité prouvée* et *vérité constatée* (distinction qui n'existe sans doute pas en physique). Leur conception expérimentale des mathématiques ne préconise donc pas d'identifier mathématiques et physique.

L'ordinateur est une aide, mais c'est au mathématicien humain, aujourd'hui encore, de dire si une affirmation mathématique a été prouvée ou non, et cela (1) même lorsque c'est un ordinateur qui a permis de formuler cette affirmation ; (2) même s'il est intervenu de manière essentielle dans l'élaboration de la preuve ; (3) même si, pour des raisons de complexité, on ne peut se passer de calculs ou de raisonnements faits par ordinateur pour mener à terme la démonstration. Aucun des mathématiciens du domaine ne démontrera seul, à la main, le théorème tout nouveau que «le 400 milliardième chiffre binaire de π est un 1», mais c'est eux qui décident de la vérité d'une telle affirmation.

Jean-Paul DELAHAYE est directeur adjoint du Laboratoire d'informatique fondamentale de Lille du CNRS.
e-mail delahaye@lifl.fr

V. ADAMCHIK et S. WAGON, *Pi : a 2000-Year Search Change Direction*, Manuscrit, 1995.

D.H. BAILEY, P.B. BORWEIN et S. PLOUFFE, *On the Rapid Computation of Various Polylogarithmic Constants*, Manuscrit, 1996.

D.H. BAILEY, J.M. BORWEIN, P.B. BORWEIN et S. PLOUFFE, *The Quest for Pi*, Manuscrit, 1996.

S. PLOUFFE, *Sur la n-ième décimale des nombres transcendants ou la 10 milliardième décimale (hex) de π est 9*, Manuscrit de notes pour une conférence, 1996.

I. STEWART, *Les algorithmes compte-gouttes*, in *Pour La Science*, n° 215, septembre 1995.

Pierre Curie

Marie Curie (nouvelle édition augmentée). Éditions Odile Jacob, collection Opus, Paris, 1996.

Voici enfin la réédition du livre essentiel de Marie Curie sur Pierre Curie. Écrit en 1922-1923 et publié alors par les Éditions Payot, il avait été réédité en 1955, mais était resté épuisé pendant de longues années.

Ce livre, illustré par quelques photographies, est important, non seulement pour la biographie de Pierre Curie, mais également pour ce qu'il révèle de la personnalité de Marie Curie et de son activité, qui apparaissent à travers cet ouvrage.

Ce petit recueil contient également une analyse très précise (et compétente !), par leur fille Irène Joliot-Curie, des carnets de laboratoire de Marie et Pierre Curie, de décembre 1897 à 1900 et, pour la première fois, le journal intime inédit (1906-1907) de Marie Curie.

Marie Curie a clairement écrit ce journal intime, qui n'était certainement pas destiné à être publié, pour donner libre cours à son chagrin et à son désespoir après la mort accidentelle de Pierre Curie en avril 1906, et fixer ses derniers souvenirs de l'être cher. Demeurant seule avec leurs deux petites filles, Irène et Ève, et avec l'œuvre scientifique commune en cours, c'est un long cri de détresse, écrit de la manière dont s'exprimaient les écrivains de l'époque. Certains détails sont si personnels que la famille n'avait pas souhaité, jusqu'à présent, en favoriser la communication.

Revenons au texte principal, la biographie de Pierre Curie. Il ne s'agit pas, bien entendu, d'une analyse, par un historien des sciences, de la vie et de l'œuvre du physicien. Sentiments et souvenirs tiennent une place importante. Sa femme – et collègue de travail – décrit les qualités de Pierre. Elle expose, d'une manière vivante et précise, les résultats obtenus par le physicien avant 1897, puis par tous deux à partir de cette date. Elle ne décrit pas en détail les travaux des contemporains, que ce soient Henri Becquerel ou Ernest Rutherford et Frédéric Soddy ; ce n'est pas là son propos. Elle désire nous faire connaître le cheminement de la pensée de Pierre Curie, l'atmosphère familiale qui l'entourait, les années passées ensemble, les conditions – aussi bien les difficultés que les joies – de leur travail en commun, l'importance des résul-

tats obtenus, en notant au passage la reconnaissance bien tardive du grand savant par les autorités académiques. Le lecteur partage leur émotion : « Il nous arrivait de revenir le soir après dîner pour jeter un coup d'œil sur notre domaine. Nos précieux produits pour lesquels nous n'avions pas d'abri étaient disposés sur des tables et sur des planches ; de tous côtés on apercevait leurs silhouettes faiblement lumineuses, et ces lueurs qui semblaient suspendues dans l'obscurité nous étaient une cause toujours nouvelle d'émotion et de ravissement. »

Nous voyons les conditions matérielles très difficiles dans lesquelles Pierre et Marie Curie ont dû évoluer pendant la période couvrant les débuts des travaux de Marie, à la fin de 1897, dans le hangar et l'atelier désaffectés mis à sa disposition par le directeur de l'École de physique et chimie, leur découverte commune du polonium et du radium en 1898, leur travail sur la radioactivité induite en 1899, enfin la détermination du poids ato-

mique du radium en vue de la thèse de doctorat de Marie, soutenue en 1903. Sont relatés aussi l'apport de leurs premiers collaborateurs et l'aide fournie par des industriels comme Armet de Lisle.

À partir du début de l'année 1900, comme l'explique la biographie, les chemins scientifiques de Pierre et de Marie Curie se sont quelque peu séparés. Tandis que Pierre cherchait en particulier à comprendre le phénomène de la radioactivité induite, puis s'intéressait aux applications de la radioactivité, notamment en physiologie et en médecine, tout en consacrant une grande partie de son temps à l'enseignement, Marie réussit, grâce à un effort considérable, dans des conditions physiques extrêmement dures, à isoler l'élément radium à l'état de chlorure d'abord, puis de métal pur, seul moyen à l'époque pour placer le radium dans le tableau périodique des éléments et convaincre les derniers chimistes incrédules. Marie Curie explique aussi comment la publicité résultant de l'heureux



Pierre Curie.

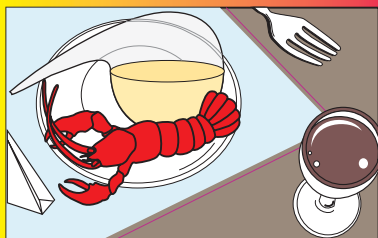
Roger-Viollet

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 28 janvier 1997.

FRANCE

info

événement que constitua pour eux l'attribution du prix Nobel de physique «pésait aussitôt très lourdement sur un homme qui n'y était ni préparé ni habitué». Le récit se termine par l'émotion que provoqua le décès prématuré de Pierre et par quelques témoignages.

Ce livre émouvant se lit d'une traite. Il est particulièrement bien écrit. Tous ceux qui s'intéressent aux personnalités de Pierre et de Marie Curie, ainsi qu'aux débuts de la science de la radioactivité, tiendront à l'avoir dans leur bibliothèque.

Pierre RADVANYI

Philosophie

Dieu de l'Univers, Science et foi

Jean-Marie Pelt. Éditions Fayard, 1996.

Sensationnelles découvertes sous le scalpel de J.-M. Pelt : «L'homme possède la capacité de s'élever au-dessus de la condition animale, grâce aux structures spécifiques de son cerveau.» Et le botaniste de disséquer l'organe suspect. Le cerveau gauche produit la Science, le cerveau droit la Poésie. L'Occident tire sur le cerveau gauche, d'où la migraine de notre civilisation. Heureusement, le bon docteur dispose de l'aspirine : traversons le corps calleux et chevauchons le cerveau droit, car pour J.-M. Pelt, le salut vient de l'autre côté, celui des croyances qu'il faut unir dans une «synthèse des religions», fédérées sous la bannière du Christ.

Si nous regrettons la soupe aux légumes qu'il concoctait jadis, rattrapons-nous sur la franche hilarité que nous réserve le sympathique jardinier transformé en spécialiste du cerveau, doublé d'un docteur ès religions. Inspiration subite ou lecture inspirée ? Épluchant une subtile bibliographie, il emprunte une amnésique démarche intellectuelle : disparus, les travaux de Baillarger, von Economo, Brodman et l'école allemande qui démontra l'importance du cortex. Pour J.-M. Pelt, *exit* le cortex. Cela lui vaudra-t-il excommunication ou la charité s'imposera-t-elle ?

L'auteur dresse le bilan de la science : notre civilisation a pratiqué le déicide. Comment s'en sortir ? D'un coup de pioche prosélyte, le voici qui détache une motte d'universalité : «nous choisirons délibérément des références claires puisées aux sources des valeurs du christianisme.» Surgit une lecture de Genèse

néo-romantique valant béatification à son inventeur qui découvre que «Genèse est riche d'enseignements pour qui sait en décrypter le sens caché». Grâce à lui, nous savons que la Bible, rédigée en une langue moins profane que le grec, ne saurait végéter dans la foi privée d'intellect. Le ratissage des plates bandes divines se poursuit, et notre herboriste de comparer les religions à des espèces végétales. Le judaïsme serait «un immuable Ginkgo Biloba». L'islam, une «jacinthe d'eau, reine des envahisseuses». Tandis que le «christianisme s'est imposé par la non-violence, à la manière des noix de coco»... Le judaïsme, figé, alors que le Talmud exige l'adaptation au présent ? L'islam, une fleur envahissante ? Mais de quel délicieux nectar la symbiose judéo-arabe parfuma-t-elle l'Espagne jadis éclairée des lumières d'Orient ! Ce miracle prit fin lorsque le «pacifique cocotier chrétien» inventa l'Inquisition.

Pour les idées – quand elles sont justes –, l'œil de notre auteur s'égare sur deux livres de chevet : *La Synthèse des sciences* (éditions Olivier Orban) et *La Face cachée du Cerveau*, de D. Aubier, (éditions Sévèyrat 1989, Dervy 1992). Cependant il arrive que J.-M. Pelt ait une réflexion personnelle : le «message biologique» certifierait que les religions soient mortelles et, pour retarder leur extinction, le retour aux textes fondateurs s'imposerait. Ignore-t-il le *Traité de botanique*, sous la direction de P.-P. Grassé (éditions Masson 1963, page 449) ? «À la fin d'une espèce, il survient un appel au type ancestral. Mais quand un caractère évolue dans un sens déterminé, il continue toujours d'évoluer dans le même sens ; il ne revient jamais réellement au type antérieur.» Comment le retour aux modalités anciennes pourrait-il constituer un projet civilisateur, si la loi évolutive prévoit la «surévolution» et «interdit l'impasse des expressivités périmées» ? L'humanité, conditionnée par le projet dont elle est porteuse, la conscience poussant à son élucidation, vivrait tout attardement de la pensée dans des reliquaires en crime contre l'esprit. C'est la douleur même de l'intégrisme.

J.-M. Pelt invite les représentants des cultes à «une déclaration universelle qui exprimerait le tronc commun de valeurs». Comment les religions rédigeraient-elles ce «texte clair», si «le vocabulaire religieux est chimiquement incompatible avec la modernité» ? J.-M. Pelt désire concilier la diversité des croyances, dégager le «code universel fondateur des rites». Annonçons-lui la bonne nouvelle : ce travail est déjà fait dans le livre même qu'il cache sous l'oreiller : *La face cachée du cerveau*. Il n'y est pas question de foi,

mais de la redoutable précision de l'esprit. Le motif unique, d'origine systémique, à la base des rites et traditions est connu depuis 1989. Secret de Polichinelle ! Et c'est, hélas pour J.-M. Pelt, précisément sur le modèle d'une structure *corticale* qu'ont été conçus les mythes fondateurs.

Dominique BLUMENSTILH-ROTH

Astronomie

Voyage dans le Système solaire

Serge Brunier. Éditions Bordas, 1996.

Le livre de Serge Brunier, *Voyage dans le Système solaire*, porte bien son nom. À l'image des sondes spatiales *Voyager*, qui explorèrent successivement les planètes géantes, de Jupiter à Neptune, l'auteur nous invite à un voyage qui nous fait découvrir, du Soleil jusqu'aux confins du Système solaire, les différents mondes qui le peuplent.

À partir d'une riche iconographie, largement empruntée à la documentation obtenue par les sondes spatiales, dans un langage simple et clair directement accessible à tous ses lecteurs, S. Brunier nous propose une description précise et bien documentée des planètes, satellites, astéroïdes et comètes rencontrés au cours de notre périple. Cette méthode pédagogique a le mérite de mettre en évidence à la fois l'unicité et la diversité des objets du Système solaire : plus notre connaissance de ces objets s'affine, plus leurs différences apparaissent au sein d'une même classe. Que l'on songe seulement aux évolutions radicalement différentes subies par les planètes telluriques Vénus, Mars et la Terre, pourtant parties de conditions initiales relativement proches, au cours de leur histoire... Le voyage auquel l'auteur nous invite dans le Système solaire lui permet ainsi de replacer la Terre dans son contexte astronomique et de tracer une évolution comparative des planètes telluriques, thème d'étude particulièrement cher aux planétologues d'aujourd'hui.

Le livre a l'immense mérite d'apporter une information exacte, simple et claire, qui tient compte des découvertes les plus récentes. Cette information est plus descriptive qu'explicative : l'auteur a pris le parti de nous montrer les astres du Système solaire tels que nous les connaissons actuellement. Il ne cherche pas à retracer comment notre connaissance du

Système solaire s'est peu à peu forgée, et ne s'attarde pas toujours à apporter l'explication physique des phénomènes qu'il décrit. Il préfère emmener son lecteur en voyage et le fascine en déroulant sous ses yeux une succession d'images plus étonnantes les unes que les autres, appuyées par un texte précis. À ce titre, ce livre est une excellente introduction pour les néophytes, mais il plaira aussi au public plus averti, soucieux de faire le point. Les lecteurs curieux ne manqueront pas, grâce à la bibliographie présentée à la fin du livre, d'aller chercher dans d'autres ouvrages les réponses à leurs questions.

La sortie d'une nouvelle édition de ce livre initialement paru en 1993 illustre la vitesse à laquelle notre connaissance du Système solaire évolue, au rythme des missions spatiales et des développements techniques de l'astronomie au sol. Qu'avons-nous appris depuis 1993 ? Du côté de la mécanique céleste, nous avons eu la chance d'assister en direct à un événement rarissime, la collision d'une comète, Shoemaker-Levy 9, avec la planète Jupiter ; ce phénomène remarquable a fait l'objet d'une immense campagne d'observation, à partir du sol et de l'espace. Plus récemment, la nature nous a offert la venue de deux comètes exceptionnellement brillantes, Hyakutake et Hale-Bopp. Du côté des missions spatiales, la sonde *Magellan* a achevé la cartographie radar de la surface de Vénus ; la sonde *Clementine* a photographié celle de la Lune ; la sonde *Ulysses* a poursuivi, au cours de son voyage hors de l'écliptique, l'étude de la magnétosphère solaire ; la sonde *Galileo*, après avoir survolé deux astéroïdes et découvert un satellite autour de l'un d'entre eux, est enfin arrivée auprès de Jupiter et a largué une sonde dans son atmosphère ; le télescope spatial *Hubble* nous a offert des images planétaires d'une qualité inégalée. Du côté de l'astronomie au sol, la mise au point des récepteurs de plus en plus sensibles, installés sur des télescopes de plus en plus grands, a reculé les limites de détectabilité des objets les plus faibles. Il en est ressorti la découverte d'une nouvelle classe d'objets, évoqués par S. Brunier à la fin de son ouvrage : les objets de la ceinture de Kuiper, ou objets transneptuniens, dont l'existence était depuis longtemps soupçonnée.

Autre progrès notable lié aux évolutions des techniques d'astrométrie : la découverte de planètes autour d'un nombre croissant d'étoiles de type solaire. Il est probable que les années qui viennent verront la découverte de nombreux autres objets. Le débat est donc relancé : sommes-nous seuls dans l'Univers ? En bon scientifique, S. Brunier se garde d'ap-

ARCHIMEDE

Le magazine
scientifique d'ARTE



AU MOIS DE JANVIER :

Mardi 7 janvier à 20 h :

La force de la pensée.

La recherche de soi.

Portrait : Gert Tiethmuller.

Mardi 14 janvier à 20 h :

Les bulles des dauphins.

Expériences

avec des stalactites.

Les évolutions du calendrier.

De nouveaux éléments

chimiques.

Le mètre étalon.

Mardi 21 janvier à 20 h :

La dynamique d'une flamme.

Les forces de Van der Waals.

La photocopie.

Le mythe de la surpopulation.

Stalactites et climat.

Mardi 28 janvier à 20 h :

Les magiciens préhistoriques.

Le chamanisme aujourd'hui.

Nos ancêtres néandertaliens.

36 15 ARTE (1,29 F/mn)

<http://www.arte-tv.com>

arte