

aura été crypté avec lui ne sera-t-il pas alors accessible à chacun facilement ?

Citons encore le cas du *RSA for paranoids* proposé par A. Shamir (le «S» du RSA) en 1995. Il s'agit d'une variante du RSA, destinée à rassurer les utilisateurs inquiets du RSA classique en leur permettant d'utiliser, sans trop augmenter les coûts de codage, des nombres n plus longs. Trois ans après, ce prétendu renforcement du RSA était cassé par H. Guilbert, D. Gupta, A. Odlyzko et J.-J. Quisquater, qui en identifiaient de graves points faibles. Ainsi, l'un des inventeurs du RSA, croyant renforcer sa méthode dans le but de satisfaire les paranoïaques, a renforcé leurs craintes. Si

nous souhaitons protéger des données pour une longue période de temps, soyons conscients que tout s'appuie, en cryptographie mathématique, sur un état de l'art qui peut changer rapidement et dont la réalité est peut-être déjà totalement autre que celle présentée au public.

Le grand nombre de systèmes nouveaux inventés chaque année et qu'on exhibe dans le but de calmer les inquiets («de toutes les façons, si tel système est cassé vous pourrez toujours utiliser celui-là») ne résout en rien le problème, qui est de disposer d'un système prouvé robuste. Rien ne ressemble plus à un système cryptographique solide qu'un système cryptographique faible, et aujourd'hui

personne ne dispose vraiment des moyens de garantir sérieusement aucun des systèmes largement utilisés.

ALTERNATIVE QUANTIQUE?

L'usage de la cryptographie quantique, dont la garantie ne repose pas sur des conjectures mathématiques, mais sur des principes de physique fondamentale, résoudra peut-être ce problème. La maturité de cette technique la rend utilisable aujourd'hui pour les applications où l'émetteur et le récepteur ne sont pas éloignés de plus de cent kilomètres.

Un autre résultat lié aussi à la mécanique quantique contribue à rendre encore plus méfiant vis-à-vis de la cryptographie mathématique. Peter Shor a montré en 1994 qu'avec un ordinateur quantique on peut factoriser efficacement des nombres entiers. Si l'on réussit à construire de telles machines, tout un pan de la cryptographie mathématique sera définitivement compromis. Les ordinateurs quantiques aujourd'hui sont de simples fictions théoriques dont la difficile mise au point devrait demander des années (si elle se révèle possible) ; cependant, là encore, l'avance possible de certains services secrets n'est pas à exclure et, si elle est réellement sensible, alors il se peut que pour eux la factorisation des clefs de 1 024 bits ou de 2 048 bits du RSA soit devenue un jeu d'enfants. Gilles Brassard, chercheur canadien renommé, passé de la cryptographie mathématique à la recherche sur les techniques quantiques, remarque que la mécanique quantique non seulement fait percevoir la fragilité fondamentale de la cryptographie mathématique, mais propose une solution pour échapper aux incertitudes dont elle ne réussit pas à se libérer.

6. LE RECORD DE FACTORISATION DU 22 AOÛT 1999

Le travail nécessaire aux grandes factorisations est complexe : voici quelques détails sur le calcul mené pour venir à bout du RSA-155. Le 22 août 1999, une équipe de l'Institut national de recherche en mathématiques et en science informatique d'Amsterdam annonçait avoir cassé la clef numérique de 512 bits (155 chiffres décimaux), problème connu sous le nom du RSA-155. Le résultat trouvé tient en quelques lignes ; c'est la factorisation d'un nombre de 155 chiffres en deux nombres premiers de 78 chiffres :

109417386415705274218097073220403576120037329454492059909138
421314763499842889347847179972578912673324976257528997818337
97076537244027146743531593354333897
=102639592829741105772054196573991675900716567808038066803341
933521790711307779 × 10660348838016845482092722036001287867
9207958575989291522270608237193062808643

Trois cents ordinateurs divers (stations de travail et PC) ont travaillé à ce résultat cumulant un total de calcul évalué à 8 000 Mips année (1 Mips = un million d'instructions par seconde). Le déroulement des opérations s'est étalé sur une période de trois mois et demi. La primalité des facteurs a été évaluée par deux méthodes différentes. L'algorithme utilisé est le GNFS (*General Number Field Sieve*), qui déjà avait permis de battre le précédent record de factorisation, le RSA-140, en février 1999.

Une légère amélioration de la méthode utilisée pour le RSA-140 a été utilisée. Si la méthode du RSA-140 avait été reprise sans modification, 14 000 Mips années auraient été nécessaires. Ainsi, en six mois, les progrès théoriques ont économisé 40 pour cent du calcul. En y ajoutant les progrès technologiques des microprocesseurs et la capacité accrue des réseaux pour faire coopérer des ordinateurs, la puissance a été doublée en six mois.

Le travail s'est déroulé en une série complexe de phases nécessitant des ordinateurs et des combinaisons d'ordinateurs variées. La première phase a consisté à rechercher un bon jeu de paramètres pour la méthode. On évalue à 100 Mips année la quantité de calculs faite pour cette phase, qui a duré neuf semaines en utilisant une seule machine (de type 250 Mhz *GI Origin* 2000). Cette partie du calcul ne se laisse pas distribuer sur un réseau.

La seconde phase, qui a été distribuée sur un réseau de 300 machines réparties dans le monde entier, est aussi la plus coûteuse en calcul. Elle a fourni des relations qui sont au cœur de la méthode. Un total de 124 millions de relations a ainsi été engendré, dont 39 millions apparaissaient en double (à cause de la méthode de calcul distribué).

Le tri des relations et la préparation de la matrice du système linéaire à résoudre ont été réalisés au cwi, ce qui a demandé un mois de travail. La matrice résultante comportait 6 699 191 lignes et 6 711 336 colonnes.

La résolution du système d'équations a alors demandé 224 heures et 2 gigaoctets de mémoire centrale à un ordinateur *Cray C916*, un ordinateur vectoriel destiné à mener de très gros calculs (par exemple en météorologie), calculs impossibles à répartir sur un réseau de machines moyennes.

D. BONEH, *Twenty Years of Attacks on the RSA Cryptosystem*, in *Notice of the AMS (American Mathematical Society)*, pp. 203-213, février 1999.

D. BONEH et R. VENKATESAN, *Breaking RSA May Be Easier Than Factoring*, *Eurocrypt 1998*, LNCS 1403, Springer-Verlag, pp. 59-71.

P. C. KOCHER, *Timing Attacks on Implementations of Diffie-Hellman, RSA, DSS and other Systems*, *Crypto 1996*, LNCS 1109, Springer-Verlag, pp. 104-113.

A.M. ODLYZKO, *The Rise and Fall of Knapsack Cryptosystems*, ATT Bell Laboratories, Murray Hill, 1990.

B. SCHNEIER, *Cryptographie appliquée*, Thomson Publishing France, Paris, 1995.

J. STERN, *La science du secret*, Odile Jacob, Paris, 1998.

Botanique

Guide de l'amateur de cactus

Pierre-Louis Fröling. Éditions Belin, 1998.

Dans tout western de la grande époque, un personnage muet, géant, à la rigide et menaçante silhouette en chandelier, se dresse au moment décisif : il s'agit, bien entendu, d'un *Carnegiea* multiséculaire, auprès duquel les héros du film trouvent un précaire repos, ignorant leurs poursuivants tapis derrière l'entrelacs d'*Opuntia* hérissés d'épines... Les deux plantes citées, dites grasses («succulentes» est le terme approprié), cactées dans le langage courant, peuplent, avec beaucoup d'autres «épineux» les semi-déserts du Sud-Ouest des États-Unis, contribuant à l'étrange beauté d'un paysage végétal sans équivalent dans le monde. Mais sait-on que certaines cactées fréquentent les forêts humides d'Amérique centrale ? Que d'autres vivent à des altitudes atteignant 6 000 mètres, dans les Andes péruviennes ?

Ce superbe ouvrage nous convie à beaucoup d'autres découvertes, à propos de l'une des deux grandes familles végétales (nom officiel : cactacées, de *cactus*, qui signifie «épineux»), famille relativement récente, à l'échelle de l'évolution, puisque quasi exclusivement américaine à l'état spontané (le seul genre *Rhipsalis*, ayant tardivement gagné l'Afrique, constituant une remarquable exception). Parmi les plantes suscitant dans le public le plus d'intérêt et de curiosité, les cactées sont en tête, avec les orchidées et les plantes carnivores. En témoigne le nombre de visiteurs du Jardin exotique de Monaco, fascinés par la fragile splendeur de fleurs surgies d'organismes redoutablement armés, dont l'étrange géométrie pourrait laisser douter de leur nature végétale.

Parmi les nombreuses espèces de cactées (environ 1 400, nous dit Aline Raynal-Roques, dans une préface inspirée), l'auteur a retenu les «cent plus belles», choix parfaitement justifié au vu des

splendides photographies qui présentent chacune d'entre elles (souvent par plusieurs images de grand format : la plante dans son milieu, ses fleurs...). Elles sont l'objet d'une monographie parfaitement claire, où se succèdent l'étymologie des noms scientifiques de genre et d'espèce (éventuellement les synonymes latins, les noms vernaculaires), son habitat, sa répartition géographique, sa morphologie et sa biologie florale, ses conditions de culture (avec un tableau résumé très pédagogique), les espèces voisines... Outre les floraisons présentées, spectaculaires par leurs dimensions ou leurs coloris délicats, souvent éphémères (chez la reine de nuit, *Selenicereus grandiflorus*, la floraison coïncide avec la période nocturne), l'ouvrage nous révèle l'étonnante diversité des formes que ces plantes ont su réaliser à partir de modèles simples (cylindre, sphère, ballon de rugby, raquette...). Malgré leur morphologie typique des régions sèches, certaines croissent dans les forêts tropicales humides, parfois en épiphytes, comme des *Epiphyllum*, dont certains supportent les climats pluvieux.

Après l'éblouissante partie monographique, d'autres chapitres sont d'une grande richesse d'information et n'intéresseront pas seulement les amateurs de cactées. Certains, didactiques et parfaitement illustrés, traitent de la culture,

des maladies et des multiples adaptations morphologiques, anatomiques et physiologiques des cactées liées à leurs milieux de vie. À côté des procédés de reproduction, sexuée et végétative, relativement classiques, l'auteur présente avec soin l'une des originalités de ces plantes : leur étonnante possibilité de xénogreffes. Celles-ci, dont les techniques sont précisées, peuvent même être pratiquées entre certaines cactacées et des didieracées (une étrange famille endémique des milieux semi-arides de Madagascar), cas sans doute unique qui révèle les affinités systématiques entre les deux familles.

Notons aussi la confrontation de la taxinomie des cactées (dont les étapes, de Linné à aujourd'hui, sont précisées) avec la classification «indienne» (précolombienne), illustrée notamment de dessins tirés du célèbre *Codex Mendoza*, l'analyse de l'origine géographique, des mécanismes de l'évolution, de la répartition des cactées sur plus de 10 000 kilomètres en latitude (des montagnes de Colombie britannique, où *Opuntia polyacantha* supporte des températures aussi basses que -30 °C, jusqu'à la Patagonie). À côté de données sur les utilisations actuelles de cactus (notamment l'élevage de la cochenille), l'auteur a pris visiblement plaisir à rassembler documents historiques et anecdotes folkloriques sur

les multiples pratiques religieuses ou magiques d'Amérique du Sud, et dont on retrouve l'écho dans les tentatives actuelles de démontrer les facultés sensorielles de ces plantes énigmatiques : une cactée (venue en France) serait particulièrement apte à protéger les micro-ordinateurs de toute panne informatique ! En revanche, les espèces rares de cactées ne savent pas se protéger elles-mêmes de l'avidité mercantile des collecteurs. Outre un utile rappel des règles déontologiques que tout amateur doit avoir à l'esprit, l'auteur précise les mesures légales permettant la survie des plus menacées : création de réserves naturelles, lourdes sanctions contre les pillards, liste des cactées visées, au titre du commerce international, par la CITES, convention ratifiée par 130 nations.

Par le nombre considérable d'informations qu'il contient, ce livre dépasse largement ce que pourrait suggérer son titre. Il ne s'adresse pas seulement au collectionneur de cactées, mais aussi



Astrophytum myriostigma pousse à plus de 2 000 mètres d'altitude, sur le sol calcaire des hauts plateaux du Mexique.

à un public vaste, du naturaliste amateur, cherchant à comprendre comment se maintient la vie sous les climats arides, au touriste sensible à l'insolite beauté et à la diversité des paysages végétaux des montagnes et de semi-déserts du Nouveau Monde, qui pourra sans doute identifier à son retour les cactées spectaculaires fixées par son appareil photographique, au cours de ses voyages aux Amériques.

Marcel BOURNÉRIAS

Sociologie

Les Français et leurs animaux

Jean-Pierre Digard. Éditions Fayard, 1999 (282 pages, 120 francs).

Certains de nos contemporains qui vivent dans l'urgence, le stress, l'abandon ou la misère s'isolent ou s'agrègent à des groupes de pression militants. On médiatise à l'envi, on s'indigne, et toutes les revendications sociales trouvent leurs porte-parole, leurs justifications, leurs exutoires ou leurs boucs émissaires.

Face à cette exclusion ou à cette agitation, les animaux subissent les excès des humains. La France arrive au deuxième rang mondial pour le nombre d'animaux de compagnie, derrière les États-Unis. Pourquoi cette place ? Chiens, chats ou animaux exotiques à la mode deviennent des signes extérieurs de richesse, des enfants de substitution surmaternés, des bouche-trous affectifs. Peu importent les dépenses, les pollutions urbaines (dix tonnes de déjections canines par jour à Paris!)... L'animal favori fait partie de la famille ou la remplace : le maître peut même se couper de toute relation sociale en faveur d'un monologue affligeant face à son animal miroir.

À l'opposé de cet excès d'amour, de cette zoomanie ou zoolâtrie, certains exercent une dominance pathologique sur un animal qui est leur esclave et l'exécuteur de leurs pulsions. C'est, par exemple, le «surdressage» d'un chien à l'attaque par un individu faible, qui passe à l'acte par pitbull interposé. Pour lutter contre ces croisements de terriers et de molossoïdes, qui accumulent les facteurs de dangerosité par la sélection et le dressage, et pour légiférer sur tous les animaux assimilés à une «arme par destination» (loi du 22 juillet 1996), les arrêtés municipaux et préfectoraux, les

nouvelles lois, les articles du Code civil et du Code rural deviennent si nombreux et si complexes qu'ils sont quasi inapplicables.

D'autres animaux sont relégués à un rôle subalterne dans un élevage ou dans un troupeau. Ils finiront dans une assiette. Le bétail ou la volaille sont méprisés, et leurs conditions de vie épouvantables ne gênent que dans la mesure où la qualité de la viande risque d'en être amoindrie.

Entre les animaux de compagnie et les animaux de profit, le cheval a un statut à part, qui a évolué au cours de l'histoire : il a travaillé, il a servi de nourriture, il a été sélectionné et il est devenu une noble conquête de l'homme, s'illustrant dans le sport, la compétition ou les loisirs. Autrefois domaine exclusivement masculin, l'équitation est devenue un sport à forte dominance féminine : l'auteur rapporte que des nuées de petites filles bichonnent inlassablement leur poney et qu'elles sont si nombreuses, dans les clubs équestres britanniques, que la virilité des rares garçons amateurs de chevaux vient même à être mise en doute.

Enfin la faune sauvage fait rêver le citadin à une nature pure, originelle, préservée, symbole d'une liberté qu'il faudrait respecter jusqu'au déraisonnable. Les militants de l'«animalitaire» sont souvent les représentants intolérants d'une écologie de pacotille, incompatible avec la législation et avec une gestion équilibrée de l'environnement. Les réintroductions d'animaux dangereux comme le lynx, l'ours ou le loup sont souvent catastrophiques et contradictoires avec une vie pastorale, fondée sur le développement durable. La création, en 1998, d'une Commission loup dans le département de l'Isère n'a réglé aucun problème, et les bergers, lassés du massacre répété de leurs brebis, préfèrent désertier les estives pour conserver intacts leurs troupeaux.

Ce livre a le grand mérite de montrer les absurdités et les dérives comportementales de certains Français vis-à-vis des animaux. Il était courageux de faire un tel constat pour servir la cause animale. Il fallait de l'audace pour appliquer un électrochoc aux maîtres abusifs ou aux adeptes de la «déclaration universelle du droit de l'animal», inapplicable puisque les animaux ne peuvent être titulaires de droits ni exercer des responsabilités et encourir des sanctions.

Protéger les animaux sans verser dans l'anthropomorphisme demande une prise de conscience éloignée des attitudes actuelles. Jean-Pierre Digard en fait une démonstration magistralement convaincante.

Michèle FEBVRE

Agronomie

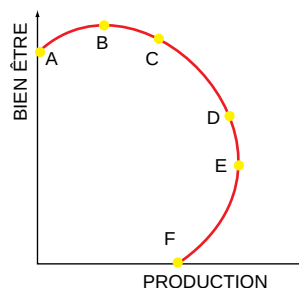
L'homme et l'animal : un débat de société

Sous la direction de A. Ouedrago et P. Le Neindre. Éditions de l'INRA, Paris, 1999.

Ce livre rassemble une partie des communications présentées à une table ronde organisée par l'INRA en 1995. Ces communications, regroupées en trois parties («Les philosophes et leurs animaux : idée et enjeux», «De l'économie politique à l'éthologie : règlements et réalité», «Homme, bêtes et sociétés : usages et représentations»), veulent faire réfléchir sur les problèmes de bien-être animal et sur les relations entre l'homme et l'animal, plutôt que de fournir des informations déjà présentes ailleurs (*Comportement et bien-être animal*, de M. Picard, René H. Porter et J.-P. Signoret, INRA Édition, Paris, 1994).

Tout d'abord, les philosophes discutent du problème des droits de l'animal : les seuls droits que puissent avoir les animaux semblent être ceux que l'homme est prêt à leur accorder. En outre, il semble très artificiel de parler de l'animal comme s'il n'en existait qu'un. Nous réagissons aux animaux selon un code complexe de proximité (affective ou systématique), plutôt que logiquement. L'expérimentation sur le chien ou le chat est beaucoup plus critiquée que celle qui se fait sur le rat. De même, les campagnes de protection de l'éléphant ou des dauphins (animaux sociaux, «sympathiques», les dauphins ayant même une bouche qui semble sourire en permanence) semblent plus faciles que les campagnes de protection des rhinocéros (animaux territoriaux et agressifs), pourtant plus menacés. La proximité systématique est également importante : les grands singes sont plus mobilisateurs que les araignées, qui cumulent de nombreux handicaps.

Les causes des relations que l'homme entretient avec les animaux tiennent parfois à des contingences :

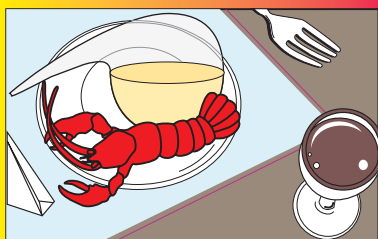


FRANCE INFO et POUR LA SCIENCE

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 2000.



quand F. Burgat écrit que «les animaux les plus proches de l'homme ne sont pas nécessairement les mieux traités», elle oublie qu'il est plus facile de tuer un moustique qu'un chien. Finalement, nous semblons classer les animaux en quatre catégories : les animaux sauvages, de compagnie, de rente et de laboratoire. Les droits que la plupart d'entre nous sont prêts à accorder à un animal dépendent beaucoup de la catégorie de cet animal ; ils dépendent aussi des liens affectifs que nous entretenons avec lui.

Des problèmes éthiques ne se posent avec les animaux sauvages que dans la mesure où l'homme perturbe leur milieu, menaçant la survie de l'espèce ou la favorisant excessivement (jusqu'au point où cette espèce menace les productions humaines ou d'autres espèces animales). Il est admis que la survie des espèces sauvages doit être assurée et que, à l'inverse, les effectifs des autres espèces doivent être régulés. Pour les animaux de compagnie, au moins leurs propriétaires sont prêts à leur accorder une protection maximale, même s'ils les font parfois souffrir ou s'ils les abandonnent. On doit toutefois distinguer l'espèce et le but de l'élevage. J'ai entendu récemment, sur *France Inter*, la plupart des invités d'une émission se réjouir des protestations des habitants d'un village où devait s'installer un chenil qui produirait des animaux de laboratoire. Pourtant, de même que nous sommes indirectement responsables de la mort des animaux que nous mangeons, nous utilisons des animaux de laboratoire quand nous prenons un médicament. On ne peut simultanément se réjouir des progrès de la médecine et refuser l'expérimentation animale en pharmacie ou en médecine.

Pour les animaux de rente, le problème est différent, et les contraintes économiques sont très fortes. Par exemple, l'élevage des poules en batteries devrait être interdit à partir de 2012 en Europe : on peut discuter longuement des avantages et des inconvénients de la batterie, du seul point de vue du bien-être animal, mais on aurait alors la vue courte. Que se passera-t-il ? Aujourd'hui, dix pour cent environ des consommateurs acceptent de payer plus cher pour avoir des œufs produits hors des batteries. À partir de 2012, seuls ces œufs seront produits en Europe : le choix sera alors soit de payer plus cher des œufs européens, soit d'acheter des œufs importés de pays tiers, où ils auront été produits dans des conditions moins bonnes que celles des cages européennes actuelles. Nous aurons donc, comme la Suisse l'a déjà fait, exporté à la fois la production d'œufs et les problèmes de bien-être des poules, mais nous n'aurons rien résolu.

Sur ces problèmes de bien-être et d'économie, j'ai trouvé particulièrement intéressante la figure de l'article de D. Vermersch (voir la figure). Elle montre que bien-être et production ne sont pas indépendants, et que les deux ne peuvent pas être simultanément optimaux. Dans les zones AB et EF de la courbe, les deux aspects sont dégradés, et aucun éleveur ne devrait placer les animaux dans ces conditions. Pour un éleveur principalement motivé par la rentabilité de son exploitation, la situation idéale est celle qui est décrite par le point E, où la production est maximale. Pour le protecteur, le point idéal est le point B, où le bien-être est maximal. Toutefois l'éleveur acceptera éventuellement de pratiquer un élevage caractérisé par le point D, puisque la perte économique est faible, alors que l'avantage en bien-être est net. De même, le protecteur admettra le point C, parce que la perte en bien-être est faible. La discussion politique porte sur l'endroit où la loi doit placer la production animale, entre C et D. Un accord devrait être facile à trouver, car cette zone CD est étroite.

La deuxième partie du livre, classique, présente les aspects législatifs et quelques résultats sur les problèmes de bien-être. La troisième partie est plus hétérogène, avec quelques articles dérangeants, tel celui de N. Vialles sur les méthodes d'abattage. La discussion sur les différents noms utilisés (assomage, étourdissement, insensibilisation, anesthésie) est passionnante, et la question évoquée (ces méthodes veulent-elles protéger l'animal ou l'homme ?) fait utilement vaciller nos certitudes.

Le livre m'a suggéré bien d'autres réflexions ; ceux qui m'auront suivi jusqu'ici seront sans doute passionnés par cet ouvrage intéressant.

Jean-Michel FAURE

Anthropologie

L'art rupestre dans le monde. L'imaginaire de la préhistoire

Emmanuel Anati. Éditions Larousse (424 pages, 680 francs).

L'ouvrage d'Emmanuel Anati présente un panorama de 40 000 ans d'histoire d'art rupestre. Il constitue la première mise au point sur l'évolution de la conceptualisation et du comportement analytique de l'espèce humaine.

Sur tous les continents, l'art rupestre constitue d'immenses archives de l'histoire humaine : un ensemble de signes, de figures, de symboles, d'idéogrammes, de pictogrammes, que l'homme a laissés sur les roches, à l'intérieur et à l'extérieur des grottes.

L'art des peuples sans écriture est le miroir de leur âme, de leur esprit, de leur intellect. Il constitue une source documentaire essentielle pour comprendre les fondements conceptuels ; et les paradigmes de l'homme préhistorique sont à la racine même de notre être et s'y trouvent profondément ancrés.

En Algérie (Tassli-n-Ajjer), dans le Neguev israélien et dans la chaîne voisine du Sinaï égyptien, dans la chaîne alpine, en France, en Italie, en Suisse et en Autriche, plusieurs centaines de milliers de gravures rupestres préhistoriques ont été répertoriées. Qu'est-ce qui pousse l'homme préhistorique à une créativité artistique d'une telle envergure ?

Tant par l'importance du corpus documentaire déjà existant que par l'ampleur de sa répartition géographique dans le monde, l'art rupestre constitue plus de 90 pour cent des représentations préhistoriques connues aujourd'hui.

On peut se demander quelle signification particulière pouvait bien avoir, pour ceux qui l'ont fréquentée, une zone où plus d'un million de figurations subsistent encore. Pour qu'une tribu ou une population entière s'engage à réaliser des œuvres d'une telle envergure, ses motivations devaient être très fortes...

Remonter l'histoire de l'homme dans le temps, redécouvrir et analyser sa production artistique, en tirer des enseignements et des suggestions nous permet de grandir, d'évoluer. Cela signifie aussi retrouver les traces primitives d'une iconographie et d'un graphisme qui sont encore la base de notre culture contemporaine.

Le livre d'E. Anati essaie ainsi de retrouver et d'interpréter nos racines en remontant 40 000 ans d'aventure de l'intellect humain. La redécouverte des archétypes de nos mécanismes mentaux intéresse bien sûr les archéologues, les anthropologues, les sémiologues, les sociologues et les psychologues, mais elle nous permet aussi d'accéder aux racines de notre inconscient. Afin de mieux comprendre l'importance de l'art rupestre, il suffit de penser qu'il se conserve à l'endroit même où il fut créé, immobile, toujours orienté comme le voulurent ses auteurs.

Sans équivalent, cet ouvrage, construit de manière érudite et souvent vécue, s'appuie sur une immense information, claire et pénétrante. Il participe à la grande tradition de l'histoire de l'humanité. La

contribution d'E. Anati est remarquable : outre les photographies, superbes, des dessins, des cartes, des tableaux chronologiques complètent un texte toujours clair, très au fait des dernières découvertes et allant à l'essentiel.

C'est une synthèse encyclopédique de l'art rupestre mondial.

Henry de LUMLEY

Histoire des sciences

Le rendez-vous de Vénus

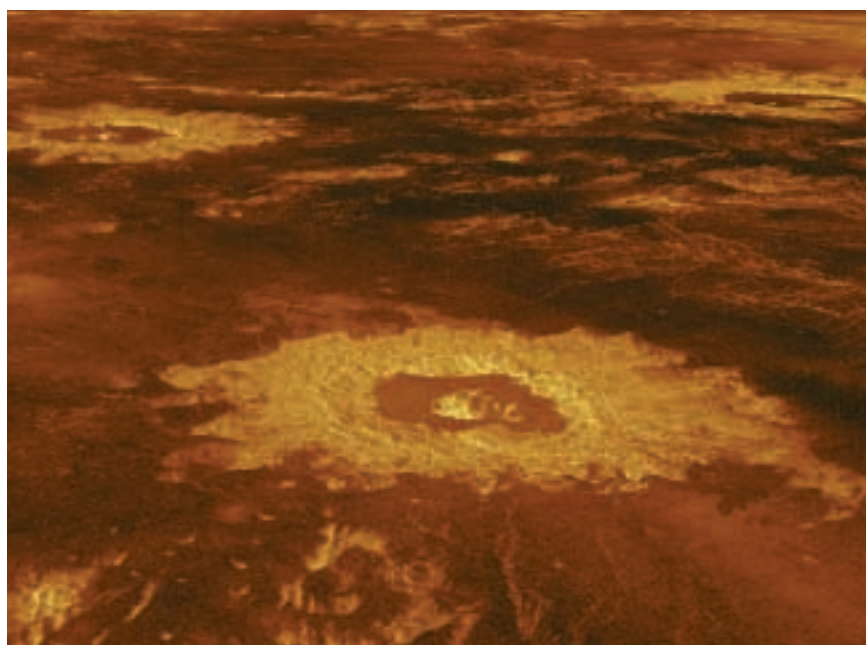
Jean-Pierre Luminet.
Éditions Jean-Claude Lattès, 1999
(366 pages, 125 francs).

Au début du XVII^e siècle, l'astronome allemand Johannes Kepler établit des lois géométriques des mouvements planétaires à partir de nombreuses observations du Danois Tycho Brahe : les ellipses képlériennes succèdent aux cercles d'Apollonius (du II^e siècle avant notre ère), modèle déjà amélioré par Copernic en 1543 avec le Soleil central.

Kepler met au point des tables de calcul des positions planétaires en 1627 : les *Tables rodolphines*. Bien plus exactes que toutes les tables précédentes, elles lui permettent de prévoir un phénomène encore jamais observé : le pas-

sage de Mercure devant le Soleil le 7 novembre 1631 et un autre, de Vénus, un mois plus tard, le 7 décembre 1631. Hélas, Kepler meurt en novembre 1630, sans pouvoir apprécier l'exactitude de ses tables. Le passage de Mercure sera effectivement observé, à Paris, par Pierre Gassendi (1592-1655), mais celui de Vénus n'était pas visible de l'Europe. Peu après, l'Anglais Jeremiah Horrocks (1619-1641) prévoit un autre passage de Vénus le 4 décembre 1639, et il a la chance de l'observer, peu avant le coucher du Soleil.

Ces prévisions réalisées traduisent la grande qualité du modèle planétaire de Kepler, mais il convient d'y joindre les nouvelles possibilités d'observation dues à la lunette astronomique, perfectionnée par Galilée, puis par Kepler lui-même, car ces phénomènes ne sont pas spectaculaires à l'œil nu : avec une petite lunette, on n'observe qu'une tache noire se déplaçant très lentement sur le Soleil (la planète Mercure est 150 à 200 fois plus petite que le disque solaire, Vénus est 30 fois plus petite). Un tel passage peut durer six à huit heures quand il est diamétral, mais, à cause de l'inclinaison des plans orbitaux de Mercure (7 degrés) ou de Vénus (3,4 degrés), ces durées sont souvent réduites. De plus, la périodicité n'est pas simple. Pour Mercure, le phénomène a lieu en moyenne 13 à 14 fois par siècle, en novembre ou en mai : 6 novembre 1993, 15 novembre 1999 (non visible en Europe), 7 mai 2003, 8 novembre 2006... Pour Vénus, c'est encore plus rare. La périodicité a lieu selon le cycle suivant : 8 ans, 121,5 ans, 8 ans, 105,5 ans (en juin ou en décembre), soit quatre fois en 243 ans, ou moins d'une fois par siècle.



La région Lavinia Planitia, de Vénus, observée par la sonde *Magellan*.

POUR LA SCIENCE

8, rue Férou 75278 PARIS CEDEX 06
Tél : 01-55-42-84-00
<http://www.pourlascience.com>

POUR LA SCIENCE Directeur de la rédaction : Philippe Boulanger. Hervé This (Rédacteur en chef), Françoise Cinotti (Rédactrice en chef adjointe), Bénédicte Ledercq (Rédactrice en chef adjointe), Yann Esnault, Philippe Pajot, Loïc Mangin, Claire Le Poullennec (Rédacteurs). Secrétariat de rédaction : Annie Tacquenot, Pascale Thiollier, Céline Lapert. 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 Lucie Romier. Directeur de la publication et Gérant : Olivier Brossollet.

Ont également collaboré à ce numéro : M. Allard, Ch. Atanassov, G. Cohen-Tannoudji, Ph. Coiffet, M. de Bonis, B. Debû, P. Decaix, É. Host-Platret, Ch. Jeanmougin, M. Lachièze-Rey, M.-T. Landousy, M. Lefeuve, V. Martin-Rolland, Cl. Olivier, L. Orluc, Ch. Pichon, J.-M. Robine, R. Talbot, P. Tambourin, S. Udry.

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

PUBLICITÉ France

Chef de Publicité : Jean-François Guillotin,
8 rue Férou 75278 Paris Cedex 06
Tél. : 01 55 42 84 28
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-oyes - 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.

Mis à part celui de 1631, les derniers passages (et les seuls observés) ont eu lieu en 1639, 1761, 1769, 1874, 1882. Les prochains auront lieu en 2004 et 2012.

La distance de la Terre au Soleil avait été déterminée en 1672 par Cassini, Richer et Picard, qui avaient observé précisément la position de la planète Mars à partir de deux lieux très éloignés sur la Terre (Paris et Cayenne, en Guyane) : vue de ces deux sites, la planète ne se projette pas au même point du ciel (l'écart de parallaxe était de 24 secondes d'arc), et cela leur avait permis de déterminer par trigonométrie la distance Terre-Soleil à 22 000 rayons terrestres (la valeur correcte est environ 23 500).

L'astronome anglais Edmond Halley, qui avait observé le passage de Mercure devant le Soleil en 1677 à l'île de Sainte-Hélène, propose, en 1716, d'utiliser les passages de Vénus pour améliorer cette détermination : en observant ce passage à partir d'endroits très éloignés les uns des autres, les durées de passage sur le disque solaire seront légèrement différentes en raison de la parallaxe. On pourra en déduire la distance du Soleil par quelques calculs trigonométriques (méthode de triangulation). C'est pourquoi ces observations seront si importantes.

Au XVIII^e siècle, en effet, l'astronomie a essentiellement pour but de mieux connaître le mouvement de la Lune, afin de se positionner correctement en mer, de faire le point par la méthode des distances lunaires entre la Lune et certaines étoiles brillantes ou le Soleil. L'intérêt de l'astronomie est avant tout commercial : améliorer la cartographie des côtes et des océans afin de raccourcir les trajets et de diminuer les durées de transport des épices... ou des esclaves. L'astronomie est toute au service de la navigation.

Le passage de Vénus de 1761, très attendu des astronomes, sera ainsi la première campagne scientifique internationale réalisée, malgré les guerres entre les nations européennes, y compris en mer. Les sites d'observation étaient l'île de Sainte-Hélène, Tobolsk, en Sibérie, l'île Rodriguez, dans l'océan Indien, en Norvège, près du cap Nord, et Pondichéry, en Inde. Le passage de 1769 sera davantage observé, y compris sur le continent américain, notamment en Basse-Californie, à Saint-Domingue et, même, à Tahiti.

C'était compter sans les aléas des nuages ou sur le phénomène de diffraction (alors inexpliqué) dit de la «goutte noire», où l'image circulaire de Vénus semble se détacher avec retard du bord brillant du Soleil comme une goutte de liquide. C'est la principale cause de l'incertitude expérimentale de la méthode : la durée totale du passage ne peut être déterminée qu'à quatre minutes près,

ce qui empêche toute évaluation précise des distances entre la Terre, Vénus et le Soleil : on ne pourra faire mieux que deux pour cent, ce qui améliorera toutefois la détermination de 1672.

Le livre de Jean-Pierre Luminet est un roman historique qui relate ces grandes aventures scientifiques du XVIII^e siècle : d'abord, le retour prévu et recalculé de la comète de Halley en 1759 (confirmant ainsi la théorie de la gravitation de Newton, encore mise en doute à l'époque par les «cassiniens»), puis les expéditions lointaines pour observer les passages de Vénus en 1761 et 1769. Ce roman très agréable à lire se présente comme les «Mémoires» du grand astronome français Jérôme Lalande (1732-1807), qui écrirait la dernière année de sa vie. Utilisant des faits réels, l'auteur raconte les aventures romanesques de ses amis savants qui ont contribué, comme lui, aux progrès de la science du XVIII^e siècle : on y rencontre le naturaliste Commerson, les astronomes Delisle, Pingré, Clairaut, Le Monnier, Chappe d'Auteroche, ainsi que Le Gentil, ce dernier ayant eu une vie très mouvementée, pendant onze ans, dans tout l'océan Indien, à attendre deux rendez-vous avec Vénus, qu'il manquera, hélas !

Une autre Vénus (l'expression est de l'auteur) est présente dans tout le livre : la mathématicienne Reine Lepaute (1723-1788) a été pionnière, dans un domaine scientifique où les femmes étaient plutôt rares ; elle a calculé le retour de la comète en 1759 avec Clairaut et Lalande. Ce dernier avait aussi un talent reconnu de vulgarisateur (il avait écrit une *Astronomie des Dames*, en 1786). L'auteur aurait pu ajouter ici quelques compléments scientifiques simples sur les méthodes utilisées par ces astronomes.

Le Soleil aura bientôt rendez-vous avec Vénus. Le 8 juin 2004, la planète passera devant le disque solaire. Ce phénomène très rare sera entièrement visible de la France, de 5h 20 à 11h 24 (en temps universel). Le passage suivant n'y sera vu que partiellement, le matin du 6 juin 2012, au cours de la dernière heure du phénomène, quand le Soleil sera levé sur notre pays. Le prochain rendez-vous de Mercure visible de France aura lieu le matin du 7 mai 2003, de 5h 12 à 10h 33 (temps universel). Conservons donc les lunettes en Mylar que nous avons utilisées lors de la dernière éclipse !

Michel TOULMONDE

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>