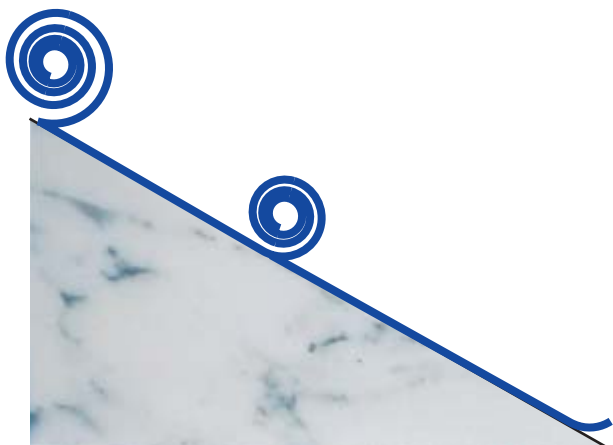
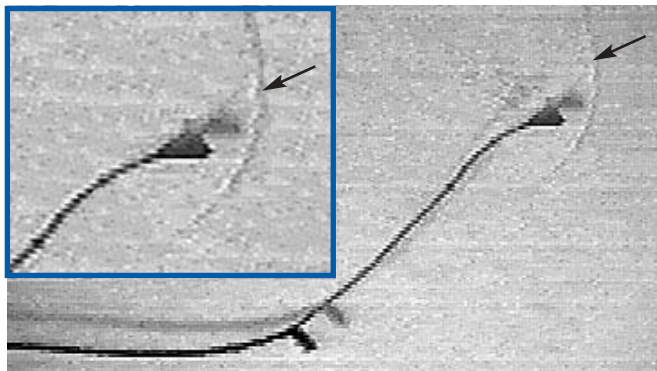




Un mécanisme analogue à celui du fouet permet de comprendre l'accélération importante subie par un tapis qui se déroule et dont la masse en mouvement diminue au cours du temps. Les vitesses obtenues sont toutefois loin d'être supersoniques et le claquement entendu est produit par le choc de l'extrémité du tapis sur le sol.



Visualisation de l'onde de choc (flèches) à l'extrémité du fouet. Cette photographie a été prise par une caméra ultra-rapide (9 000 images par seconde) à l'Institut Ernst Mach de la Société Fraunhofer de Fribourg par l'équipe dirigée par Peter Krehl. La houppe à l'extrémité du fouet augmente l'intensité de l'onde de choc.

nique ainsi établi, le mouvement de la lanière suffit-il pour créer une onde de choc? En 1958, trois chercheurs américains du laboratoire de recherche navale de la marine américaine s'interrogent : le claquement du fouet ne résulte-t-il pas plutôt d'un choc mécanique entre deux parties de la lanière? Pour lever cette ambiguïté, les chercheurs décident d'employer l'une des nouvelles caméras ultrarapides, qui, à la fin des années 1950, fixent déjà jusqu'à 4 000 images par seconde. Ils embauchent une équipe d'artistes de music-hall : les *Los Larabees*. Ces artistes entraînés peuvent reproduire des claquements de fouet comparables toujours au même endroit : dans le champ de la caméra. Les chercheurs mesurent ainsi, pour la première fois, la vitesse de l'extrémité d'un fouet réel : elle est 30 pour cent supérieure à la vitesse du son.

Il reste à visualiser l'onde de choc. Cela est possible en éclairant la scène avec une impulsion lumineuse très brève déclenchée grâce à un micro placé près de la zone du claquement. S'il permet de voir l'onde de choc, ce dispositif ne permet pas de prendre des images de sa formation. Il faut donc réaliser une expérience définitive qui prouve de façon indiscutable que le déplacement supersonique de l'extrémité du fouet engendre bien une onde de choc sonore.

En 1998, trois physiciens de l'Institut Fraunhofer pour l'étude des phénomènes brefs (à Fribourg) réalisent cette expérience. Grâce à une caméra vidéo enregistrant plus de 9 000 images par seconde, ils prennent des images d'excellente qualité et mesurent avec précision la vitesse de l'extrémité du fouet : elle excède la vitesse du son pendant une durée très courte d'environ 1,2 millième de seconde. La vitesse de l'extrémité du fouet peut même excéder deux fois celle du son. L'accélération de l'extrémité atteint alors 50 000 fois celle de la pesanteur (soit 500 kilomètres par seconde au carré). Dans

cette expérience, les physiciens utilisent un laser aux impulsions ultra brèves, qu'ils synchronisent avec la caméra, afin de prendre une image du fouet tout en observant l'ombre créée par l'onde de choc à chaque instant. Leur but est de mettre en évidence l'onde de choc et les résultats ne laissent aucune place au doute : au moment où la vitesse du fouet devient supersonique une onde de choc est émise. Ils constatent aussi qu'en moins de 20 centimètres, l'extrémité de la lanière décélère et repasse sous la vitesse du son.

Grâce à ces avancées, une image cohérente de la physique du claquement de fouet se dégage aujourd'hui. Il apparaît qu'un fouet est une machine à transformer le mouvement lent de la lanière en un mouvement final ultra rapide de la masselotte attachée à son extrémité (ou de la masse de son extrémité).

LA PHYSIQUE DU COUP DE FOUET

Examinons la dynamique d'un fouet de charretier fait d'une lanière attachée à un manche rigide. D'un mouvement rapide du poignet, le charretier crée un coude qui se propage le long de la lanière du manche vers l'extrémité.

Lors de ce mouvement, il incline son manche vers l'arrière afin de dérouler la lanière dans l'air, puis le ramène brusquement vers l'avant pour lui imprimer une vitesse d'ensemble. Poursuivant son mouvement, le charretier ramène le manche à la position initiale. Au cours de la première phase de son mouvement de poignet, la lanière acquiert une quantité d'énergie cinétique proportionnelle au produit de sa masse par le carré de la vitesse de l'extrémité du manche (la vitesse d'ensemble de la lanière). La deuxième phase du mouvement crée le coude recherché ; celui-ci se forme au voisinage du manche, et se propage vers l'extrémité de la lanière.

À mesure que ce coude se propage, l'énergie cinétique conférée initialement à l'ensemble de la lanière se concentre dans la portion mobile dont la vitesse augmente. Avec ces approximations, l'énergie cinétique initiale étant concentrée dans l'extrémité de la lanière, sa vitesse est la vitesse initiale de la lanière multipliée par le quotient des racines carrées des masses de l'ensemble et de l'extrémité de la lanière (jusqu'à une certaine valeur limite). Dans les fouets usuels, ce rapport est typiquement de l'ordre de 300. Il suffit donc que le charretier imprime une vitesse initiale de l'ordre de 20 mètres par seconde à l'ensemble de la lanière pour que l'extrémité dépasse la vitesse du son.

Les expériences réalisées à l'aide de fouets de laboratoire montrent qu'un nœud placé près de l'extrémité est arraché au cours du claquement, comme si des ciseaux invisibles l'avaient tranché! Les fortes tensions à l'origine de ce phénomène expliquent aussi pourquoi l'extrémité d'un fouet s'effiloche et se transforme en une houppe, c'est-à-dire en un faisceau de fils. Cette houppe favoriserait l'émission de claquements plus bruyants, ce que les expériences menées à Fribourg ont confirmé.

Le mécanisme dominant dans l'émission sonore serait le pivotement rapide de cette houppe (90 degrés en 0,1 millième de seconde). Lummer a raison, depuis plus d'un siècle : le claquement du fouet résulte d'un choc supersonique.

Roland LEHOUCQ est astrophysicien au Service d'astrophysique du CEA. **Jean-Michel COURT**Y est physicien, chargé de recherche au CNRS. **Edouard KIERLIK** est physicien et maître de conférences à l'Université Pierre et Marie Curie.

P. Krehl, S. Engemann and D. Schwenkel, *The puzzle of whip cracking uncovered by a correlation of whip-tip kinematics with shock wave emission*, Shock Wave, vol. 8, pp. 1-9, 1998.

Histoire des sciences

Voronoff

Jean Real. Éditions Stock, 2001 (287 pages, 115 francs).

Serge Voronoff (1866-1951), ou plus exactement Samuel Abrahamovitch Voronoff, originaire de Russie, naturalisé français, fut un chirurgien célèbre pour avoir réussi des greffes osseuses (1914-1917), et surtout pour avoir, le premier, effectué des greffes testiculaires de singes à l'homme dans les années 1920. Voronoff participait aux recherches thérapeutiques visant à lutter contre les effets du vieillissement. Lui et ses disciples évoluaient dans le cadre idéologique d'une «régénération» ou d'une «résurrection» de l'homme, nécessitée par la «dégénération» qu'il subissait en raison du développement de l'industrie polluante, de la paupérisation, de la syphilis, de l'alcoolisme, et autres maux qui risquaient d'atteindre, et c'est là que le bât blessait, les couches privilégiées de la société. Il était donc urgent de protéger et de sauver ces hommes par la greffe «régénérante».

Si les travaux de Voronoff étaient connus des historiens des sciences de la vie et de la médecine depuis long-

temps, sa vie était en revanche parsemée de nombreuses lacunes. Grâce à son travail de recherche de documents originaux, Jean Real comble un vide que nous aurions accueilli favorablement, s'il n'avait pas volontairement fait le silence sur les travaux des historiens des sciences qui se sont intéressés à cette époque et qui ont déjà écrit sur les pratiques de Voronoff. Ces textes sont certes quelque peu en désaccord avec ce qu'il exprime, aussi donne-t-il l'impression d'être le premier à écrire sur Voronoff et même à le découvrir, dans la mesure où il précise qu'aucun de «ses amis scientifiques, biologistes, médecins ou chirurgiens» ne connaissait ni le nom, ni l'œuvre chirurgicale de son héros.

Cet ouvrage offre deux lectures possibles. La première est celle d'un roman biographique, qui renseigne le lecteur sur la vie du personnage. L'auteur essaie de communiquer son admiration aux lecteurs. Il n'y a pas lieu de critiquer ici cette littérature, faite pour distraire. Toutefois, ce type de littérature offre à l'historien un intérêt quand elle apporte des informations inédites, ce qui est le cas du *Voronoff* de Jean Real. Ce livre a le mérite de présenter une première biographie complète de ce chirurgien, et nous conduit à la seconde lecture possible, celle de l'historien.

Jean Real, réalisateur de documentaires, a reconnu qu'il n'était pas historien. L'image qu'il se fait de Voronoff est particulière, dans la mesure où l'auteur ne se soucie guère de comprendre et de situer son personnage dans le contexte des sciences de la vie et de la médecine des années 1920-1930 ; son livre masque de nombreux événements historiques, et devient parfois ennuyeux.

Une critique de fond, parmi d'autres : pourquoi répéter que Voronoff est «en désaccord» avec Retterer qui refusait d'admettre que l'hormone mâle était sécrétée par les cellules interstitielles, tandis que les textes prouvent le contraire ? Pourquoi faire croire que Voronoff «se tait» sur les idées de Dartigues, alors qu'ils évoluent l'un et l'autre dans le même contexte idéologique et eugénique de l'époque de la «résurrection de l'homme» par la greffe ? J. Real n'a pas réussi son *Voronoff*, car il a voulu le protéger, mais de quoi ?

Les pratiques de greffes testiculaires de singes à l'homme par Voronoff et ses disciples pourraient-elles avoir favorisé le passage du virus du SIDA du singe à l'homme ? La question se pose. En effet, en 1939, Voronoff recensait 2 000 greffes dans le monde, effectuées depuis les années 1920, surtout en France et en Amérique, mais aussi en

Italie, Allemagne, Espagne, Portugal, Chili et au Brésil. Il y en eut certainement beaucoup plus. Les singes utilisés étaient principalement le chimpanzé (Guinée) et le cynocéphale (Guinée, Soudan, Abyssinie). Or, les rétrovirus responsables du sida chez l'homme trouvent leur origine chez le singe et les premières contamination humaines remonteraient à une époque comprise entre 1920 et 1940. Le premier cas de sida déclaré remonte certes à 1959, mais un délai de 20 à 40 ans pourrait être nécessaire pour que le virus du singe transmis à l'homme mute et devienne pathogène pour l'homme. Sachant que la greffe testiculaire se pratiquait à la suite d'une incision du greffon testiculaire du singe et de la vaginale du testicule de l'homme pour favoriser le contact sanguin et offrir une meilleure prise à la greffe, nous avons là une source possible de contamination. Affaire à suivre...

Jean-Louis FISCHER,
Centre Alexandre Koyré d'histoire
des sciences et des techniques.

Astronomie

Les nouveaux mondes du cosmos. À la découverte des exoplanètes

Michel Mayor, Pierre-Yves Frei.
Éditions Le Seuil, 2001 (284 pages, 129 francs).

La science, c'est bien connu, s'éloigne hélas du citoyen. Son message s'écrit de plus en plus dans une langue et avec des concepts incompréhensibles pour l'homme de la rue. Même la biologie, avec ses techniques de procréation assistée et ses manipulations génétiques qui concernent la santé et la vie de chacun, n'utilise pas des concepts immédiatement abordables. Dans cette perspective un peu sombre, il y a une éclatante exception : la question «Sommes-nous seuls dans l'univers ?» est immédiatement compréhensible par chacun. Elle est d'ailleurs aussi vieille que la pensée grecque, mais reste à l'extrême pointe de la recherche astronomique. Après avoir fait, en 1995, l'objet d'une des plus grandes découvertes scientifiques du XX^e siècle, elle fait partie des projets les plus ambitieux de la NASA et de l'Agence spatiale euro-



J.-L. Fischer

Plus de 2 000 greffes de testicules de singes ont été effectuées sur des humains avant 1940 par le chirurgien d'origine russe Voronoff et ses disciples : une hypothèse qui expliquerait la transmission du virus du SIDA du singe à l'homme ?

péenne. Nous vivons là une époque exceptionnelle.

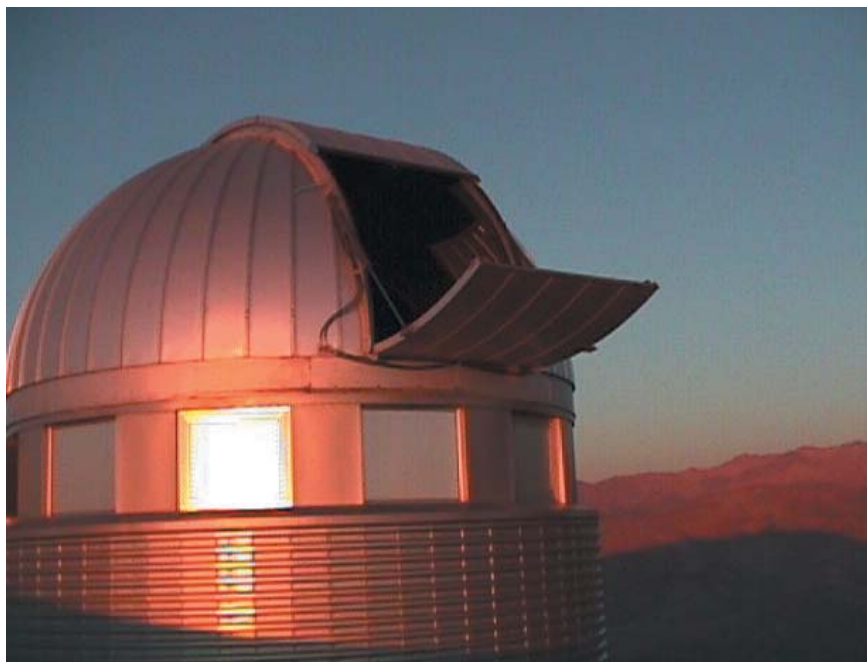
Le livre de M. Mayor et P.-Y. Frei, l'astronome et le journaliste scientifique, relate la découverte de 1995, son histoire et ses conséquences. Il mêle de manière heureuse le témoignage personnel et l'information scientifique, parfois pointue, mais toujours claire. On y trouvera des informations de première main puisque M. Mayor est, avec son étudiant Didier Queloz, le découvreur de la première planète autour d'une étoile de type solaire, une exoplanète.

M. Mayor évoque d'abord les circonstances de cette découverte, ses souvenirs personnels, ainsi que les doutes qui l'ont rongé, lui et Didier Queloz. Leur éventuelle découverte ne violait-elle pas le consensus largement partagé du moment ? Un article, rétrospectivement célèbre, d'A. Boss, publié au moment où apparaissaient (à son insu) les signes avant-coureurs de la découverte, démontrait en effet qu'une planète ne pouvait pas exister très près de son étoile. Or c'est précisément où M. Mayor et D. Queloz ont décelé les premiers indices. Comment ne pas douter : ils avaient eu tant de prédécesseurs qui avaient pris pour des planètes ce qui ne s'était révélé être que des artefacts divers !

En bons scénaristes, les auteurs procèdent dans les chapitres suivants à un retour en arrière et à une mise en perspective du sujet. L'histoire commence avec Aristote, selon qui, il ne saurait y avoir qu'un monde analogue au nôtre, puis Démocrite et Épicure, qui étaient au contraire persuadés de la pluralité des mondes. Depuis, et jusqu'au XX^e siècle, de nombreux auteurs, Albert le Grand, Giordano Bruno, Huygens, Fontenelle, etc., croyaient en la pluralité des mondes. Ajoutons que non seulement Huygens était partisan de cette pluralité, mais il fut aussi le premier astronome à poser la question de la détection des exoplanètes en termes scientifiques.

Dans les années 1970, il avait outre Atlantique un grand enthousiasme pour la recherche de planètes. Cet enthousiasme n'a pas traversé l'océan et peu nombreux étaient ceux qui, souvent sous les sarcasmes, voire les oppositions de leurs collègues, croyaient en l'avenir de cette branche de l'astronomie. Le pari était risqué : fin 1994, Campbell et ses collègues annonçaient que, sur 21 étoiles observées avec soin, aucune n'avait de planète géante (les plus petites étant indécélables).

La suite est un excellent exposé sur la structure des étoiles et sur le scénario généralement accepté de la for-



À 2 400 mètres d'altitude, l'Observatoire de la Silla au Chili est l'un des hauts lieux de la découverte des planètes extrasolaires.

mation des planètes. Il soulève aussi quelques questions non résolues (par exemple, pourquoi tant d'orbites sont-elles elliptiques ?). Nous assisterons peut-être encore à des évolutions radicales dans ce domaine, les dernières découvertes d'exoplanètes ont imposé une remise en question de l'unicité de la définition d'une planète : certaines pourraient apparaître comme planète et devenir naine brune.

Revenant ensuite sur la démarche ayant conduit à la détection de la planète *51 Peg b*, les auteurs expliquent en détail la méthode qui permet de détecter une planète sans la voir, en mesurant les perturbations qu'elle induit sur la vitesse de l'étoile. Ils évoquent les autres méthodes de recherche de planètes, en particulier celle dite des « transits planétaires » qui a confirmé, avec un tout petit télescope d'amateur, que l'étoile *HD 209458* possède bel et bien une planète. Enfin, les nombreux programmes de détection de planètes, au sol et dans l'espace, qui vont être développés d'ici 2020, sont présentés.

Tout cela ne serait que de l'astronomie « courante », si ne s'y ajoutait pas une dimension autrement plus importante : la recherche de vie au-delà du système solaire. Les deux derniers chapitres sont consacrés à la recherche d'autres Terres et de la vie sur ces planètes. Comme nous n'avons pas détecté à ce jour de signaux « artificiels », la vie sur les exoplanètes n'est peut-être, la plupart du temps, qu'à un stade cellulaire (ou primitif en termes d'évolution biologique). C'est pourquoi l'on s'appuie

sur l'exemple terrestre des premières formes de vie, ainsi d'ailleurs que des extrêmophiles, pour cerner les chances de développement et les propriétés d'une vie primitive en dehors du Système solaire. La réflexion du livre est là moins poussée, dans un domaine, pourtant important.

La vie ne peut se définir, contrairement à la tendance actuelle, que de manière subjective. La vie ne caractérise pas un organisme, elle caractérise une relation à cet organisme. Et le caractère « vivant » de cette relation est affaire de libre jugement, au sens kantien, comme le montrent les débats sur la bioéthique. Ce n'est que dans un second temps qu'on peut chercher à analyser les corrélats physico-chimiques de cette relation, sans savoir, pour l'instant, ce qu'ils ont d'universel.

C'est d'ailleurs parce que l'exobiologie nous permettra d'analyser, le moment venu, l'universalité, ou non, des corrélats, que la recherche de vie en dehors du système solaire prend tout son intérêt. Sans exiger des auteurs qu'ils adhèrent à cette pensée, il aurait été souhaitable qu'ils développent une réflexion sur la notion de vie, en évitant de se précipiter d'emblée sur la pure chimie organique. Un dernier mot : ce livre est heureusement loin de toute cette séduction démagogique à la mode depuis quelques années qui donne de l'univers une image romanesque ; ici, au contraire, on respecte l'intelligence du lecteur.

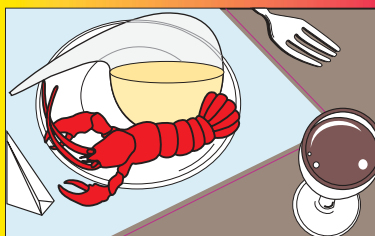
Jean SCHNEIDER,
CNRS - Observatoire de Paris.

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 juillet 2001.



Psychologie

Les vilains petits canards

Boris Cyrulnik. Éditions Odile Jacob,
2001 (240 pages, 135 francs).

Le mot est peu connu, le concept est nouveau, et il fallait les connaissances, l'expérience et le style de Boris Cyrulnik pour présenter de façon convaincante la résilience, «capacité à réussir à vivre, à se développer en dépit de l'adversité», à un vaste public. Voilà qui est fait dans cet ouvrage où l'éthologue utilise une double métaphore, celle du titre qui, en suivant Andersen, présente la métamorphose des vilains petits canards en beaux grands cygnes blancs, et celle de l'argument, qui transforme la banale chenille rampante en brillant papillon.

Le lecteur peut suivre pas à pas ce cheminement, d'ailleurs non linéaire, au fil de chapitres dont les titres sont autant d'invitations : «les éclopés du passé ont des leçons à nous donner» ; «comment les fœtus apprennent à danser» ; «quand le cadre du nouveau-né est un triangle parental» ; «quand un combat héroïque devient un mythe fondateur» ; «ordalie secrète et réinsertion sociale»... Toutes aussi évocatrices sont les explications de ces titres : l'adaptation n'est pas la résilience, elle est trop coûteuse, mais elle permet de sauver quelques îlots de bonheur triste ; que le nouveau-né soit grincheux ou souriant, le moindre de ses actes habite les rêves et les cauchemars de ceux qui l'entourent ; avec le travail de la mémoire, le moindre traumatisme se transforme en épopée grâce à une victoire verbale.

Tout cela ne relève pas seulement de l'art des mots : en effet, chaque proposition est développée, étayée à la fois par des considérations théoriques et par des vignettes historiques, littéraires ou cliniques, tirées de la vaste culture et de l'expérience de l'auteur. C'est ainsi qu'au fil des pages, compétence, attachement, séparation, traumatismes, adaptation, culture, apprentissage, affectivité sont présentés dans une dynamique existentielle individuelle, familiale, collective, et dans des contextes et des histoires de vie qui leur donnent sens.

Voilà la résilience mise en scène avec ses deux aspects de résistance à la destruction et de reconstruction d'une vie valant la peine, et dans ses deux modalités d'apparition : situations extrêmes ou souffrances ordinaires, rési-

lience conjoncturelle ou structurelle. Boris Cyrulnik, psychiatre et psychanalyste, est à l'aise pour parler de traumatismes, d'après-coup, de déni, de clivage, de fantasmes, de falsification créatrice, d'organisation du Moi. Il en parle en termes imagés, simplement, les mettant à la portée des non-spécialistes. La résilience prend ainsi corps au long des pages avec son originalité, sa richesse, sa force et ses faiblesses : on n'est pas résilient tout seul, ni de façon définitive, ni dans tous les secteurs de sa personnalité. Elle n'est pas, dit-il, «un catalogue de qualités que posséderait un individu. C'est un processus qui, de la naissance à la mort, nous tricote sans cesse avec notre entourage.»

Nouvelle venue dans notre culture conceptuelle et dans notre arsenal d'interventions sanitaires, sociales, éducatives voire juridiques, la résilience se nourrit d'approches transdisciplinaires et d'allers-retours incessants entre chercheurs et travailleurs du terrain. Elle peut donner un second souffle à nos pratiques, nous conviant à porter un regard nouveau sur celles et ceux – personnes, familles, groupes – dont nous avons à prendre soin. Elle n'est pas une panacée, mais simplement un enrichissement à la fois théorique et concret ; elle n'est pas vraiment une nouveauté ; et les romanciers ont su l'observer et la décrire bien avant les professionnels. Que l'on pense à Gavroche et Cosette, chez Victor Hugo, à Poil de Carotte, de Jules Renard ; à Rémy, d'Hector Malot, à David Copperfield de Charles Dickens, et beaucoup d'autres.

Avec un retard notable par rapport aux auteurs anglo-saxons, la résilience séduit actuellement un large public et connaît un essor incontrôlé, non dénué de risques. Il faut du discernement pour la voir à l'œuvre, du respect des personnes pour les aider à la développer, une démarche à la fois objective et empathique, clinique et scientifique, pour la décrire et l'étudier. Il faut être conscient des risques de dérives conceptuelles, de récupération à différents niveaux. C'est pourquoi le livre de Boris Cyrulnik vient à point nommé à la fois pour donner à la résilience ses lettres de noblesse et pour apprendre à beaucoup, profanes ou professionnels, les ressources qu'elle peut nous offrir, si nous faisons l'effort de la mieux connaître et si nous savons en faire bon usage.

Michel MANCIAUX,
Professeur émérite de pédiatrie
préventive et sociale et de santé
publique, Université de Nancy.

La conservation des métaux

dirigé par Claude Volfovsky.
CNRS Éditions, Ministère de la Culture et de la Communication, 2001
(240 francs, 296 pages).

Cet ouvrage constitue sans conteste un document de référence pour tous ceux qui ont à faire avec les métaux comme composants du patrimoine. Restaurateurs, conservateurs, archéologues et chimistes trouveront ici un accès à une documentation jusqu'à présent dispersée. De ce point de vue, l'ouvrage est très utilement complété d'annexes qui peuvent être consultées indépendamment de la lecture, et les nombreux encadrés fournissent des exposés synthétiques, rapides à repérer.

Ce livre apparaît au premier abord comme un ouvrage de spécialiste, mais il intéressera aussi les amateurs d'art et les lecteurs curieux de la conservation d'un vaste patrimoine métallique. Après un large panorama consacré à la métallurgie pré-industrielle, le lecteur trouvera une contribution sur «le matériau métal» qui motive à elle seule, et pour tous, la lecture de l'ouvrage. Claude Volfovsky propose ici un exposé didactique des connaissances complexes qui entrent en jeu dans la compréhension de ce que sont les métaux : comment on les a obtenus, comment ils se dégradent et comment on peut intervenir, à l'heure actuelle, sur ces mécanismes de dégradation. Son propos est illustré par des schémas très clairs, et étayé par une démonstration scientifique. Véritable pivot de l'ouvrage, ce chapitre renvoie à des études de cas, du casque de Charles VI aux statues de Rodin, et qui se répartissent en deux volets : les métaux archéologiques, dont la conservation est assurée en milieu protégé, puis le patrimoine métallique situé en extérieur.

Au-delà de leur aspect parfois drastique, avec un décapage complet de leur surface (tels le pont Alexandre III, la Nageoire de Calder...), les interventions sur les œuvres métalliques situées en extérieur montrent que les techniques de conservation employées par les restaurateurs sont l'aboutissement d'une démarche raisonnée. Ils cherchent avant tout à garantir l'intégrité des œuvres. Grâce à une recherche documentaire et analytique,

ces spécialistes précisent autant que possible l'état d'origine et de conservation des œuvres. Les auteurs exposent de façon claire combien des paramètres, comme l'efficacité, la durabilité, le coût des traitements et de la maintenance, sont déterminants ensuite dans le choix des méthodes de restauration. Lorsque cela est nécessaire, ils font appel à des prestataires de services pour la maîtrise de certaines techniques. Par exemple, la dorure à la feuille, effectuée par des artisans, a ainsi été retenue pour le chantier du dôme des Invalides, après des tests comparatifs de vieillissement avec la dorure par électrolyse. Les restaurateurs affirment ici la spécificité de leur fonction : maîtres-d'œuvres de l'intervention de conservation, ils assument des choix dans l'éventail du possible. À l'heure actuelle, leur préférence va vers une intervention minimaliste, comme le montre l'exemple d'une grille traitée à Sainte-Foy à Conques.

Avec les objets conservés en milieu protégé, on aborde une série d'œuvres issues essentiellement de l'archéologie terrestre et marine. Les métaux et alliages les plus courants dans ces contextes sont le fer, la fonte de fer, le cuivre, le bronze, l'argent, l'or et le plomb. Les études de cas illustrent principalement la mise en œuvre de traitements chimiques et électrochimiques curatifs. Les objets celtiques de Gournay-sur-Aronde sont présentés afin d'exposer aux lecteurs les techniques de nettoyage mécanique. Si on excepte ce développement, il faut se reporter au chapitre «le matériau métal» pour trouver des informations sur la conservation préventive. Par ailleurs, si une partie des contributions dresse un bilan rigoureux des avantages et limites des techniques disponibles, par exemple le traitement par électrolyse des canons provenant de fouilles sous-marines, d'autres méthodes sont traitées de façon arbitraire au regard de la documentation disponible. Ainsi, pour le traitement d'objets ferreux par bains de sulfite alcalin et par plasma d'hydrogène, le lecteur devra s'orienter vers d'autres ouvrages collectifs récents («À la recherche du métal perdu», les nouvelles technologies dans la restauration des métaux archéologiques, sous la direction de H. Meyer-Roudet, Éditions Errance, 1999).

Florence DUSSÈRE, responsable du Laboratoire de conservation-restauration du Musée archéologique du Val d'Oise.



H. Meyer-Roudet - MADVO

Les restaurateurs recherchent la technique la mieux adaptée à chaque métal. Ici, un calice en argent doré trouvé dans le chœur de l'église de Cergy (95) et restauré au Musée archéologique du Val d'Oise.

Biologie

Classification phylogénétique du vivant

Guillaume Lecointre et Hervé le Guyader. Éditions Belin, 2001
(544 pages, 239 francs).

Ce livre est, à sa manière, un monument et, comme tout monument, il a vocation à être parcouru par des visiteurs aux motivations très variées.

Visions d'abord le livre du point de vue des professeurs de l'enseignement secondaire et des étudiants en zoologie, auxquels cet ouvrage s'adresse particulièrement. Aucun doute : le monument sera très apprécié. En effet, au cours des 20 dernières années, les idées que l'on se faisait sur la classification du monde vivant ont considérablement changé. À la révolution des méthodes dite «hennigienne», qui consiste en une approche fondée sur l'existence de «groupes-frères» définis par la possession en commun de caractères «évolués», succéda la révo-

POUR LA SCIENCE

8, rue Férou 75278 PARIS CEDEX 06
Tél : 01-55-42-84-00
www.pourlascience.com
Commande de dossiers ou de magazines :
01-55-42-84-05

POUR LA SCIENCE Directeur de la rédaction : Philippe Boulanger. Françoise Cinotti (Rédactrice en chef), Philippe Pajot, Loïc Mangin, Claire Le Poulennec, François Savatier, Laurence Plévert, Marie-Neige Cordonnier, Xavier Muller, René Cuillierier (Rédacteurs). Secrétariat de rédaction/Maquette : Annie Tacquenot, Céline Lapert, Sylvie Sobelman, Pauline Bilbault, Pierre Saminadin. 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 : Floryse Grimaud, assistée de Isabelle Huet. Directeur de la publication et Gérant : Olivier Brossollet. Conseiller scientifique : Hervé This.

Ont également collaboré à ce numéro : Jean-Pierre Franc, Marcel Lambrechts, Christophe Pichon, Martin Schaffar, Pascale Thiollier-Dumartin.

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-oies - 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 adressés 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).

lution des données, c'est-à-dire l'utilisation, en plus des caractères morphologiques, de la composition en acides aminés des protéines, puis des séquences d'ADN et de la structure du génome.

Comme toutes les révolutions, celles de la classification du vivant ont provoqué des remous, même (et surtout!) entre spécialistes, et les personnes intéressées par l'aventure de la vie se sont senti souvent perplexes, voire déroutées.

Ce livre vient à point pour leur apporter, non le résultat final de ces révolutions (car ces révolutions sont fort heureusement continues!), mais un état des lieux fort utile, qu'il sera possible de confronter aux découvertes futures. Comme le dit T. Dobzhansky, un des fondateurs de la théorie moderne de l'évolution : «Imaginez que tout soit complètement connu et que la science n'ait plus rien à découvrir : quel cauchemar!»

Le lecteur non-spécialiste se perdra-t-il dans le dédale de ce monument? Certainement pas dans la partie introductive qui explique, de manière pédagogique et à l'aide de nombreux schémas, comment les spécialistes de l'évolution évaluent les parentés entre les espèces actuelles, et comment ils s'efforcent de reconstituer la généalogie la plus authentique possible du vivant.

Quant à la partie consacrée à la phylogénie du monde vivant, le lecteur attentif ne s'y sentira pas perdu pour de quelques minutes, car il découvrira vite la recette pour passer d'un étage à l'autre, et d'une pièce à l'autre de l'édifice. Tous les êtres vivants à structure cellulaire sont pris en considération (les bactéries, les végétaux, les animaux...). L'ouvrage comprend 15 chapitres, correspondant chacun à une branche maîtresse de l'arbre de la classification. Le lecteur dispose d'une astucieuse brochure, que l'on ouvre à contresens à la fin du livre, pour conserver sous les yeux la fraction de la phylogénie qui correspond à chacun des chapitres, tout en lisant les pages du texte. Une dizaine de pages intitulées «où sont-ils?» sont consacrées aux groupes anciens, invalidés par les classifications récentes (pourquoi avoir appelé ces groupes invalidés des groupes «disparus», ce qui risque de créer des confusions?).

La présentation est aérée, les schémas nombreux et de qualité, y compris de rappels de morphologie fort utiles. Tout a été fait pour faciliter la lecture. Les lecteurs apprendront au moins trois choses : comment se construisent les arbres phylétiques aujourd'hui, quel est l'état de la classification, où se trouve tel ou tel taxon (unité formelle représentée par un groupe d'organismes). Si par exemple vous ne savez pas à qui sont apparentés les Riffia, ces êtres qui entourent les sources

hydrothermales profondes des océans, ou quelle peut bien être la place des Cyclophora, ces commensaux des langoustines découverts il y a seulement cinq ans, courez à l'index du livre et vous aurez la réponse. Vous trouverez aussi des informations sur les premiers fossiles connus de chaque groupe.

Certaines originalités de l'ouvrage soulèvent des questions. Passons sur les choix de développer certains groupes aux dépens d'autres : ces arbitrages étaient difficiles à éviter et reviennent aux auteurs. Plus intrigant : d'après les auteurs, il existerait 233 885 espèces connues d'Angiospermes et 147 005 espèces de Spiraliens. On regrettera que certaines assertions ne soient pas expliquées, fût-ce en quelques lignes, surtout quand il s'agit de phrases-chocs comme «Si tout pouvait recommencer, la probabilité que tout se passe de la même manière est quasiment nulle». Une telle phrase, qui devrait plaire à Ilya Prigogine («La nature nous présente l'image de l'imprévisible nouveauté»), mérite d'être dite, mais devrait être commentée. Même si les auteurs ont pris le parti, dans une place nécessairement limitée, de laisser de côté certaines discussions, on aurait aussi aimé que les transferts de gènes soient mieux évoqués : ils ont probablement été très fréquents aux premiers âges de la vie, et ont engendré à cette période un réseau plutôt qu'un arbre de l'évolution.

De même, la place consacrée au tempo de l'évolution est réduite, ainsi qu'à la question : peut-on considérer qu'il existe, des plans d'organisation «intermédiaires» dans les êtres vivants actuels? On s'attendrait à une analyse plus complète des idées selon lesquelles des diversifications rapides se seraient produites il y a fort longtemps. Pourquoi enfin avoir peu développé le rôle grandissant que les structures du génome en général, et non plus seulement les séquences de tel ou tel gène, jouent dans la mise en place des grandes filiations? Aucun des points que je viens d'évoquer n'est étranger à la classification phylogénétique du vivant...

Certains biologistes auront peut-être la faiblesse de dire «J'aurais fait autrement». C'est évidemment l'illustration de la critique facile et de l'art difficile, et leurs réserves apparaîtront mineures au regard du vide que comble l'entreprise de Guillaume Lecointre et Hervé le Guyader. Je disais que le livre était un monument. Il fallait des connaissances très étendues et du panache pour entreprendre et mener à bien sa construction. Il figurera dans toutes les bibliothèques et sera même le livre de chevet de beaucoup de lecteurs.

Claude COMBES, Laboratoire de biologie animale de Perpignan.