

m'a donc peiné, c'est que S. Dehaene distribue les critiques et les éloges d'une manière qui coïncide trop étroitement avec les intérêts des réseaux actuels de pouvoir dans la science. Je trouve choquant, par exemple, qu'il qualifie systématiquement de «prestigieuses» des revues médiatiquement puissantes, mais bien connues aussi pour leur peu de fiabilité scientifique. Puisse cette remarque encourager le lecteur à prendre du recul par rapport au texte, mais non le dissuader d'en prendre connaissance.

La bosse des maths est un livre de terrain, écrit par un chercheur à la démarche originale, personnellement engagé dans la construction du savoir contemporain et dont les expériences nous concernent tous. Nous ne sommes pas tenus de le suivre dans ses conclusions, et lui-même a toute une vie pour évoluer, mais ne manquons pas de profiter des riches matériaux qu'il a assemblés, pour nourrir notre réflexion.

Jacques NINIO

Physique

Les atomes existent-ils vraiment?

Bernard Diu. Éditions Odile Jacob, 1997.

Quelle est l'origine de la régularité macroscopique du monde? Lorsqu'un système physique isolé évolue, certains attributs macroscopiques mesurables prennent des valeurs infiniment plus probables que d'autres. Cette propriété rend notre monde physique reproductible et prévisible, ce qui est une autre manière de dire qu'un litre d'eau a des propriétés physiques reconnaissables en toutes circonstances.

Si tout ce qui bouge relève de la mécanique, tout ce qui s'échauffe, refroidit et, même, demeure à température fixe est du ressort de la thermodynamique. Rien ne semble trop grand pour elle, pas même l'Univers, ni trop petit, pas même le trou noir.

Née de la nécessité technique d'analyser «la puissance motrice du feu», selon les termes de son fondateur, Sadi Carnot, cette théorie d'une élégance mathématique glacée semble nier son origine pratique et ignée. La thermodynamique, science abstraite des objets macroscopiques, de tous les objets

macroscopiques, est une esthétique du peu. Il est, en effet, vraiment remarquable, étant donné le nombre considérable d'atomes qui le constituent, qu'un système de taille macroscopique puisse être décrit par une poignée de paramètres physiques, dont la température et l'obscur entropie, dont le nom fut ciselé par Rudolf Clausius, en 1865.

L'entropie, classiquement notée par la lettre *S*, est le concept crucial de la physique thermique. La précision et l'utilité de cette notion en font l'une des clefs de la physique en général, et de la cosmologie en particulier : l'idée d'entropie et de son accroissement presque inévitable de fait rend possible une vision évolutionniste du monde et donne aux choses un destin.

$\Delta S \geq 0$ (pour un système isolé), et le devenir prend possession du monde et des objets!

Cette définition, toutefois, est trop subtile pour donner la moindre intuition de la nature physique de l'entropie et de ce qu'elle mesure. Le concept, finalement, reste comme une simple formule à mémoriser. De nombreux textes tentent de lui donner chair en la considérant comme une mesure du «désordre» vers lequel tendraient spontanément les systèmes isolés, alors que rien n'est plus démocratiquement ordonné qu'un gaz en équilibre thermique.

L'interprétation statistique de l'entropie en tant que logarithme du nombre de micro-états quantiques recouvrant un macro-état possible du système ($S = k \ln N$) est, en comparaison, relativement plus concrète et évidente, pourvu que l'on ait défini correctement les notions de micro- et macro-état et, bien sûr, de système. Le logarithme dans la définition de *S* est essentiel si l'on



Rudolf Clausius (1822-1888) introduisit le mot «entropie» en 1865.



Ludwig Boltzmann (1844-1906) fonda la théorie cinétique des gaz et définit l'entropie à partir du nombre de configurations microscopiques correspondant aux états microscopiques.

veut lier l'entropie et la température d'une manière simple. Ainsi les grandeurs nouvelles, par rapport à une description purement mathématique, purement thermodynamique, ainsi que les lois qui les régissent, sont dégagées du comportement collectif des particules microscopiques dont le mouvement est, en dernier ressort, déterminé par la seule mécanique. Le problème est qu'il n'est pas trivial de montrer, à partir de cette définition, que l'entropie d'un système macroscopique en interaction avec un autre croît inévitablement...

Je ne pouvais imaginer jusqu'alors que l'on puisse exposer sérieusement à une large audience le deuxième principe de la thermodynamique sans susciter de frustration ou de migraine. Enfin un gentilhomme de science parut.

Bernard Diu nous guide d'une main sûre dans le palais ombreux des glaces de l'entropie. Il fait lumière sur les merveilles du raisonnement thermodynamique et, au détour d'un couloir, il nous souffle un poème, comme pour nous réchauffer. Comment le remercier?

Mais pourquoi laisser croupir au fond d'une oubliette de bas de page Prigogine le Téméraire, même s'il a construit sa réputation sur une conception inverse de la thermodynamique? *Les atomes existent-ils vraiment?* et *La fin des certitudes* ne s'éclairent-ils pas mutuellement?

Et au chapitre de la pression, pourquoi ne pas mentionner que la pression négative, par le biais de l'équation d'état du vide quantique ($\text{pression} = - \text{densité d'énergie}$) joue un rôle déterminant en cosmologie, étant source d'une vertigineuse expansion de l'espace qualifiée d'inflation?

B. Diu, de toute évidence, a voulu cantonner son discours à la thermodynamique la plus classique et, peut-être, à cette heure, est-il en train de donner un prolongement à cet ouvrage. C'est ce que nous souhaitons le plus ardemment. Une suite, une suite... Tel est la pression extérieure que nous nous plairons à exercer sur le système relativement isolé que représente l'auteur, comme tous les auteurs...

Michel CASSÉ

Linguistique

L'origine des langues

Merritt Ruhlen. Éditions Belin, 1997.

Le livre *L'origine des langues*, de Merritt Ruhlen, vient d'être traduit en langue française. L'auteur s'est adonné à une tâche intéressante, que la plupart de ses collègues avaient condamnée à l'échec : savoir si les langues du monde descendent toutes d'une seule langue originelle, ou de plusieurs.

Le phénomène d'évolution des langues a suscité l'attention des penseurs dès l'Antiquité. Dans un de ses dialogues, Platon chercha s'il existait une relation entre la signification des mots et leur son. Selon Socrate, les traces de cette équivalence originelle auraient disparu, en raison de la « paresse » des locuteurs, qui ne se préoccupent pas de conserver la prononciation initiale. Aujourd'hui les linguistes ont conclu que le son et la signification sont complètement indépendants, à l'exception d'une poignée d'onomatopées. Dante Alighieri a discuté le cas d'une personne qui reviendrait dans son pays d'origine 1 000 ans après y avoir vécu : elle ne serait pas en mesure de comprendre ses concitoyens, car 1 000 ans est l'ordre de grandeur du temps après lequel une langue qui évolue différemment dans deux sous-populations se transforme au point que les deux groupes ne se comprennent plus. La rapidité de l'évolution linguistique et l'absence d'écriture il y a 5 000 ans ont fait conclure aux linguistes que le problème de la langue commune était insoluble.

L'est-il vraiment ? se demande M. Ruhlen. Élève du plus grand taxonomiste de tous les temps, Joseph Greenberg, il est bien au courant des méthodes de son maître, et de la possibilité d'établir des ponts entre les

familles linguistiques existantes, afin de créer ainsi des groupes plus larges que ceux qui sont établis aujourd'hui.

C'est bien ce dont on a besoin pour reconstruire la partie la plus ancienne de l'arbre évolutif des langues. Âgé de plus de 80 ans, J. Greenberg vient encore quotidiennement travailler à la bibliothèque de l'Université Stanford. Il achève la préparation d'un livre sur une nouvelle superfamille «eurasiatique», qui inclut les familles indo-européenne, altaïque, uralique et d'autres langues du continent asiatique. Il y a dix ans, il publiait un livre sur les langues du continent américain, qu'il a classées en trois familles. La plupart des spécialistes des langues américaines usent de méthodes complètement différentes et ne s'occupent que de deux ou trois langues, ce qui ne les prédispose pas aux grandes visions. Ils ont, vis-à-vis du vieux grand maître venu troubler leur paix avec des idées nouvelles, un comportement qui ne leur fait pas honneur : «Il faudrait le faire taire.» C'est une répétition de ce qui déjà eut lieu, vers 1960, quand J. Greenberg révolutionna la classification des langues africaines, en distinguant quatre familles. Les linguistes anglais, qui avaient proposé une classification beaucoup plus compliquée, tentèrent de l'abattre... mais, aujourd'hui, elle est acceptée par tous.

C'est J. Greenberg qui a donné le premier exemple de racine universelle, qui se trouve dans presque toutes les familles linguistiques du monde : *tik* signifie surtout «doigt», ou «un», ou recouvre des concepts très proches, tel «main». C'est un pas vers la langue originelle.

Le livre de M. Ruhlen commence par des leçons élémentaires de taxonomie linguistique : il montre comment on peut reconstruire la famille indo-européenne et ses branches, en proposant des exercices plus simples que la résolution de mots croisés élémentaires. Puis il applique cette méthode aux familles américaines et à d'autres familles qui ont donné du fil à retordre aux indo-européanistes : il ne présente qu'un petit nombre de mots, mais on n'oubliera pas que les classifications sont fondées sur un nombre de mots considérable. Pour tout adepte de l'analyse statistique, comme moi, il y a toujours la tentation d'aller revoir les conclusions : on favoriserait certainement l'acceptation des résultats, mais on ne les modifierait probablement pas beaucoup. La plupart des taxonomies ont été faites sans méthodes statistiques, et sont encore valides. L'analyse statistique de l'ADN a introduit quelques nouveautés importantes pour la classification des êtres vivants,

mais aucune analyse comparable n'est possible en linguistique ; malheureusement on ne dispose pas d'écritures anciennes en nombre suffisant.

Je me suis amusé à reconstruire les familles dont je connaissais déjà l'existence avec les exercices proposés dans le livre, et je dois reconnaître qu'ils fonctionnent bien, malgré l'usage du corpus réduit de mots qui a été retenu. Je connaissais bien le travail de l'auteur, puisqu'il m'a été utile, il y a plus de dix ans, quand j'ai dû mettre un peu d'ordre dans une liste de quelque 1 800 populations dont on avait étudié la génétique. Avec Paolo Menozzi et Alberto Piazza, nous voulions reconstruire leurs arbres évolutifs : après 14 ans de travail, nous avons publié le livre *Histoire et géographie des gènes humains*, un document publié en 1994 qui pèse 3,4 kilogrammes et dont j'ai extrait un livre intitulé *Gènes, peuples et langues* (éditions Odile Jacob).

Initialement, nous avons utilisé la classification de M. Ruhlen comme un code numérique, mais quand notre travail s'est achevé, nous avons observé qu'elle était plus qu'un guide arbitraire : des correspondances importantes apparaissaient avec l'évolution génétique. M. Ruhlen mentionne ces observations dans son livre : il montre bien comment les chercheurs en viennent à s'émerveiller des synthèses inattendues entre champs qu'on croyait séparés (naturellement, on doit signaler, comme le fait M. Ruhlen, que la correspondance entre les langues et les gènes n'est pas parfaite : les deux changent, parfois rapidement).

La dernière partie du livre de M. Ruhlen est une récolte de 27 mots, notamment *tik*, qui font partie du travail de M. Ruhlen et de M. Bengtson, qui pourraient être très proches de mots de la langue humaine originelle. Ces mots ont une importance particulière dans notre vie, et ils varient moins que les autres. Un Italien reconnaîtra facilement qu'*aqwa* désigne l'eau ; un Anglais retrouvera l'homme (*man*) dans *mano*, et le lait (*milk*) dans *malik'a* ; un Grec verra le chien (*kuon*) dans *kuan*, et, en beaucoup de langues, *puti* sera proche du mot qui désigne la vulve.

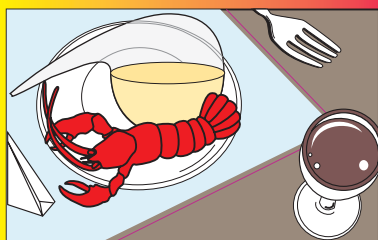
Je suis certain que ce livre donnera un grand plaisir intellectuel au lecteur curieux, sans qu'il ait initialement de notions de linguistique. Depuis une prohibition édictée à Paris au siècle passé, les linguistes évitaient les théories évolutives, mais j'espère qu'ils seront nombreux, en lisant ce livre, à se livrer enfin à ce penchant défendu. Les «néogrammairiens», ceux qui croient qu'il n'existe pas d'exception

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 août 1997.

FRANCE

info

aux règles les plus rigides de correspondance des sons, y trouveront des fautes inadmissibles, mais un indo-européaniste enragé a été assez honnête pour reconnaître, avec J. Greenberg, que, s'il n'existait pas d'exceptions aux lois de la correspondance des sons, la famille indo-européenne, le joyau de la linguistique, n'existerait pas.

Luca CAVALLI-SFORZA

Paléontologie

Opération Adam

Ivan Petrovitch C. Éditions du Cerf, 1997

Un congrès, international forcément, rassemble à Tucson (Arizona) tous les fossiles préhumains et humains récoltés à la surface du Globe, de l'enfant de Taung jusqu'aux australopithèques vieux de quatre à cinq millions d'années. Alors qu'ils ne songent qu'à papoter et à s'éblouir mutuellement, les gentils scientifiques sont distraits de leurs travaux par des traîtres à la Cause : de méchants créationnistes dérobent les objets mêmes de leurs discours. Heureusement les voleurs sont aussi très stupides, et quelques chapitres suffisent pour faire triompher la Raison. Dans une deuxième partie, on assiste au procès des méchants-stupides, et l'on voit ces empêcheurs d'homíniser en rond condamnés lourdement.

Voici donc un roman paléoanthropologique à petit suspense, mais à nombreux rebondissements, qui veut à la fois populariser l'histoire de l'homme telle que la lisent les paléontologues et combattre les thèses révisionnistes des créationnistes. Il est probable que la forme «roman-photo» eût mieux convenu à ce scénario très ramassé, mais alors, à qui attribuer le rôle du pasteur plus que sectaire qui veut jeter australopithèques, cromagnons et autres néanderthals aux oubliettes de la science ? Peter Lore n'a pas trouvé de successeur, et la galerie des possibles évêques Cauchon n'est guère fournie. Au demeurant, la présentation que fait l'auteur de la démarche des scientifiques est souvent caricaturale. Elle consiste à opposer deux vérités «révélées», l'une par la Bible (*The Good Book* à Tucson, Arizona, et ailleurs), l'autre par les fossiles.

Est-ce là décrire bien cette construction intellectuelle qui conduit à l'édifi-

cation d'une théorie scientifique, que de la réduire à une somme d'évidences qui tout naturellement, s'emboîtent au fur et à mesure que sont découverts de nouveaux fossiles ? D'autant qu'à l'heure actuelle, si notre passé animal ne fait aucun doute, il n'existe pas de consensus sur la forme qu'il convient de donner à l'arbre phylogénétique des hominidés (voir *L'évolution de l'homme*, par Ian Tattersall, *Pour la Science*, juin 1997).

Quant au créationnisme, qu'en dire ? La décence interdit que l'on poursuive de feux nourris les ambulances, à plus forte raison lorsque leurs chauffeurs sont aveugles. Alors pourquoi l'auteur fait-il appel dans son roman pour leur faire crier grâce, ce qui est fort à propos, à certaine Mme du Berry, ce qui l'est moins : sous ce pseudonyme, il dissimule un chercheur du CNRS qui, me semble-t-il (il le semble à d'autres que moi aussi), joue d'une certaine façon dans le même camp que les créationnistes, refusant de voir dans l'influence composée et réciproque du hasard des gènes et de la nécessité de l'environnement les facteurs premiers de l'évolution biologique. Pour elle, il existerait une «horloge interne du vivant» qui expliquerait l'émergence de l'homme et, surtout, celle de sa conscience voici quelques milliers d'années. Par ce biais, elle rejoint tout à fait les créationnistes, qui envisagent que tout fut dit et fait voilà longtemps. Que vient faire ce galimatias métaphysico-scientifique versé par Jean Chaline au dossier de l'accusation dans le procès de Tucson ? Marcherait-il sur ces brisées ? On n'ose l'envisager.

Marius NEMAUSUS, p.c.c. Jean-Louis HARTENBERGER

Chimie

La chimie supramoléculaire. Concepts et perspectives

Jean-Marie Lehn. Éditions de Boeck, 1997 (274 pages, 165 francs).

Le XIX^e siècle a été, pour les chimistes, le siècle de la découverte des molécules, avec, comme point culminant, les travaux de Louis Pasteur sur la chiralité, cette propriété que possèdent certains objets de ne pas se superposer à leur image dans un miroir. En cette fin de XX^e siècle,

nous venons d'assister à l'étape suivante, tout aussi importante : l'avènement de la chimie supramoléculaire, découverte par Jean-Marie Lehn.

Suivant la définition même de son inventeur, cette chimie est «la chimie au-delà de la molécule», contrôlant et utilisant les liaisons intermoléculaires de faible énergie : liaisons électrostatiques, liaisons hydrogène et liaisons de Van der Waals. On connaissait depuis longtemps la liaison hydrogène, qui lie les molécules d'eau dans un réseau infini ou qui assure le regroupement des deux brins de la double hélice d'ADN. Toutefois, on n'avait pas utilisé ce type de liaison pour construire des assemblages moléculaires. J.-M. Lehn a justement imaginé de tirer parti des forces intermoléculaires directionnelles pour construire des machines «supramoléculaires», destinées à exercer des fonctions précises : reconnaissance, transport ou catalyse.

Reproduisant des fonctions biologiques, il réalise des assemblages programmés, par exemple quand il façonne des doubles hélices inorganiques qui ressemblent à l'ADN. D'ailleurs, la biologie, fondée sur la fonction de reconnaissance, est également régie par la chimie supramoléculaire. À l'heure où la société attend de la biologie moléculaire des remèdes aux maladies virales et de la vieillesse, la chimie supramoléculaire constitue précisément un des éléments essentiels de compréhension des mécanismes biologiques qui permettent de progresser dans cette direction.

J.-M. Lehn s'adresse aussi au chimiste en lui montrant comment devenir ingénieur moléculaire, bâtisseur d'édifices, et comment faire fonctionner l'usine qu'il orchestre dans un tube à essais. Les brouettes moléculaires transportent les électrons, les protons et les ions de place en place. La lumière est utilisée comme déclencheur de systèmes automatiques d'ouverture et de fermeture des portes. Il s'agit d'une véritable électronique supramoléculaire. Les applications en sont la mise au point de fils conducteurs, d'interrupteurs optiques ou électriques, de capteurs, de dispositifs logiques.

La connaissance et le contrôle de la matière supramoléculaire n'ont bien sûr été possibles que grâce au développement des méthodes physiques modernes, allant de la cristallographie des macromolécules, telles les enzymes, à la microscopie électronique, en passant par la photophysique et toutes les spectroscopies. La chimie supramoléculaire est donc interdisciplinaire et fédérative.

J.-M. Lehn est un artiste. Ses talents de pianiste et d'organiste sont connus. On peut contempler, comme le montre joliment la couverture du livre, la symbiose entre l'art et la création scientifique : chaque molécule est une note de musique, et J.-M. Lehn organise l'ensemble des notes pour construire la partition. Pour le dixième anniversaire de l'attribution de son prix Nobel de chimie, les éditions de Boeck nous offrent, grâce à André Pousse, l'excellente traduction française de son livre magnifiquement écrit, très pédagogique, publié il y a deux ans à peine chez l'éditeur allemand VCH, en anglais. Il s'agit, à présent, du premier texte en français sur la chimie supramoléculaire, que tout chimiste francophone, qu'il soit étudiant, chercheur ou industriel, se doit d'acquérir. Ce livre passionnera également les biologistes, les physiciens et de nombreux profanes.

Didier ASTRUC

Médecine

Histoire de la contraception

Angus McLaren. Éditions Noesis, 1996.

Histoire naturelle et artificielle de la procréation

Jacques Gonzalès. Éditions Bordas, 1996.

Les médias présentent fréquemment les progrès des techniques biologiques, appliquées à l'une des fonctions les plus naturelles de l'espèce humaine : la reproduction. Ces dernières années, ce sont la contraception et la procréation qui ont surtout été évoquées, du fait de la pandémie de SIDA, qui a imposé une promotion de la contraception, et en raison de l'importance que prend l'assistance médicale à la procréation dans les sociétés industrialisées.

La contraception n'est pas une invention nouvelle. L'ouvrage de A. McLaren nous en donne de nombreux exemples, que ce soit en Grèce ancienne ou à l'époque contemporaine. Professeur d'histoire à l'Université de Victoria, l'auteur s'est intéressé, depuis de nombreuses années, à l'histoire sociale de la