

pour vous rappeler où vous en êtes. Pour commencer, placez un crayon sur la case 1 et l'autre sur la case 7 (l'indexation des cases ne suit pas l'ordre des entiers ; c'est voulu). Votre objectif est de réaliser une suite de mouvements telle qu'un des crayons au moins arrive dans la case marquée BUT. Pour effectuer un mouvement, choisissez un des crayons, puis suivez les instructions de la case qu'il pointe. Voilà tout. Il n'y a pas d'autre choix à faire, sauf si vous suivez les instructions de la case 55.

Par exemple, si votre premier choix est de pointer la case 7 avec un des crayons, la réponse à la question de la case («L'autre crayon pointe-t-il une case dont le numéro est impair?») est manifestement «OUI». Vous devrez donc faire suivre au crayon de la case 7 le chemin marqué OUI, qui le déplace jusqu'à la case 26.

Facile ? Pas tellement. Supposez que vous choisissiez à présent le crayon pointant la case 26 : «Si vous aviez choisi l'autre crayon, seriez-vous sorti par la voie marquée NON?» Hmm. L'autre crayon était (et est encore) dans la case 1. Si c'est lui que vous aviez choisi, la question pour ce crayon eut alors été : «L'autre

CONSEILS

Si vous avez essayé tout ce qui précède et si vous n'arrivez pas à sortir, voici quelques suggestions.

- Pour atteindre la case BUT, vous devez d'abord atteindre (50, 50) avec la règle 60 non activée. Les autres stratégies pour sortir ne peuvent finalement pas être réalisées.

- Pour atteindre (50, 50), vous devez d'abord arriver en (35, 35). Vous êtes alors à 18 pas de BUT.

- Pour atteindre (35, 35), il vous faut aller en (61, 75), puis déplacer le crayon vers la case 61. Alors les deux crayons peuvent atteindre tous les deux la case 1, de laquelle il est facile d'atteindre la position (35, 35).

- Il y a de nombreuses manières d'aller au départ (1, 7) à (61, 75) ; chacune d'elles requiert d'activer la règle 60, puis de l'annuler à la case 65.

SOLUTION

Dans chaque paire ci-après, le nombre écrit en rouge désigne le crayon que vous devez choisir de déplacer. L'astérisque indique que la règle 60 est activée.

(1, 7), (1, 26), (2, 26), (15, 26), (26, 40), (26, 60), (55, 60), (25, 55)*, (7, 55)*, (26, 55)*, (55, 61)*, (15, 61)*, (40, 61)*, (61, 65)*, (61, 75), (1, 1), (1, 9), (1, 35), (9, 35), (35, 35), (35, 40), (35, 60), (25, 35)*, (7, 35)*, (26, 35)*, (35, 61)*, (1, 35)*, (9, 35)*, (2, 35)*, (15, 35)*, (5, 35)*, (5, 40)*, (25, 40)*, (25, 65)*, (25, 75), (50, 75), (50, 50), BUT.

crayon pointe-t-il une case comportant un texte en rouge ou en vert?» La case 7 contient un texte en rouge, et la question a donc pour réponse «OUI». Le crayon aurait donc emprunté la sortie OUI, et la réponse à la question est donc NON. Ainsi le crayon pointant la case 26 prendra l'issue NON, qui mène à la case 55.

Fichtre !

La plupart des cases posent des questions, et votre chemin de sortie dépend de la réponse. Certaines, cependant, opèrent différemment. La case 61 vous demande de déplacer les deux crayons, et ce n'est qu'une fois ces deux mouvements achevés que le coup est joué. La case 55 a une sortie marquée IMPROBABLE à la place de l'habituel NON. Et cela fait une différence, par exemple si votre autre crayon pointe la case 26.

Les cases véritablement influentes sont les cases 60 et 65. La case 60 change les règles en éliminant les cases contenant un texte en rouge et en les remplaçant par la règle : «Sortez de cette case par la voie marquée "OUI"», que j'appellerai la règle 60. La case 65 brise la règle 60. Il est possible d'avoir un crayon pointant la case 60 et l'autre la case 65. De fait, chaque case demande d'ignorer l'autre, mais cela n'introduit pas de problèmes autoréférentiels, car vous devez choisir à laquelle vous obéissez ; vous n'obéissez pas aux deux à la fois.

Certaines instructions peuvent apparaître ambiguës. Ainsi la case 5 demande si l'autre crayon pointe un texte comportant le mot rouge ou le mot vert. Si l'autre crayon pointe la case 1, bien entendu, la réponse est OUI, mais qu'en est-il s'il pointe la case 5, qui cite les mots «rouge» et «vert» entre guillemets ? L'interprétation de R. Abbott est qu'il faut ignorer les guille-

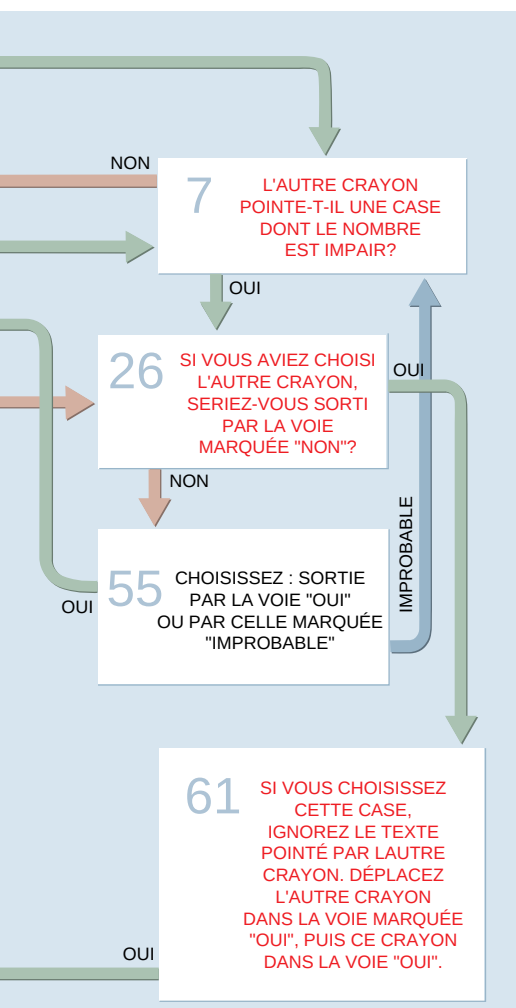
mets et que la réponse est donc OUI. De même, la case 50 demande si l'autre crayon pointe un texte faisant référence à des vaches ; le mot «vaches», cependant, n'apparaît dans aucune autre case. Bien entendu, les deux crayons peuvent pointer la case 50, autorisant alors la sortie vers BUT, à moins que vous estimiez que la case 50 ne fait pas vraiment référence à des vaches ! Un conseil : évitez cette sorte d'argutie métaphysique ou vous ne sortirez jamais du labyrinthe.

Peut-être êtes-vous certain à présent que l'unique manière d'atteindre la case BUT est d'avoir les deux crayons pointés sur la case 50. Ce serait vrai, n'était la case 60. Si vous pouvez conduire un crayon en 50 alors que la règle 60 s'applique, alors qu'importe où est l'autre crayon. Vous êtes sorti. En fait, il y a une autre manière d'atteindre le BUT. La voyez-vous ?

La plus étrange situation qui puisse se présenter est le cas où les deux crayons pointent la case 26. Il n'y a pas de réponse claire à la question. Que faire alors ? R. Abbott a si astucieusement construit son labyrinthe que les deux crayons ne peuvent pointer la case 26 que lorsque la règle 60 s'applique, auquel cas le texte de la case 26 doit être ignoré ! Il en va de même si les deux crayons pointent la case 61.

Il ne vous reste plus qu'à tenter votre chance, sans aide supplémentaire. Si vous ne voulez pas vous en tenir à la simple ténacité, vous avez plusieurs stratégies. L'une est de regarder les caractéristiques clés du labyrinthe. Ainsi, pour atteindre la case BUT, il vous faut avoir un crayon en 50 et être en situation telle que l'issue correcte soit OUI. Une autre astuce est de remonter les coups à partir d'une position souhaitée.

À vous de jouer !



Les étiquettes contre le vol

Chaque année, en France, les pertes résultant du vol à l'étalage s'élèvent à plusieurs milliards de francs (deux pour cent du chiffre d'affaires des distributeurs). Imaginées par un commerçant ulcéré de n'avoir pas pu rattraper son voleur, les étiquettes antivols sont aujourd'hui attachées à de nombreux produits vendus en magasin, des livres, des vêtements, des produits alimentaires...

Les dispositifs antivol sont constitués par des étiquettes et par un système comportant un émetteur et un récepteur reliés à une alarme, disposés dans une zone de détection à l'entrée du magasin. Dans la plupart des systèmes encore utilisés, l'étiquette contient une diode semi-conductrice qui module le signal micro-onde produit par l'émetteur. Lorsque le récepteur détecte un signal modifié, il déclenche une alarme. Malheureusement, ces systèmes échouent si les malfaiteurs placent les marchandises volées dans du papier d'aluminium. Par ailleurs, l'alarme peut être déclenchée involontairement par des clients qui transportent des appareils électroniques contenant des diodes semblables à celles des étiquettes.

Pour pallier ces difficultés, une nouvelle génération d'étiquettes, fondée sur des principes «magnéto-acoustiques», a été conçue. Ces étiquettes fonctionnent dans une plage étroite de fréquences radio de manière à minimiser les interférences provenant d'autres appareils électroniques. L'étiquette contient un résonateur fait d'un métal magnétique amorphe de taille définie. Ce métal est excité par les ondes radio de basses fréquences émises à l'entrée du magasin. Le résonateur vibre alors à la même fréquence et le récepteur qui détecte le signal du résonateur déclenche l'alarme.

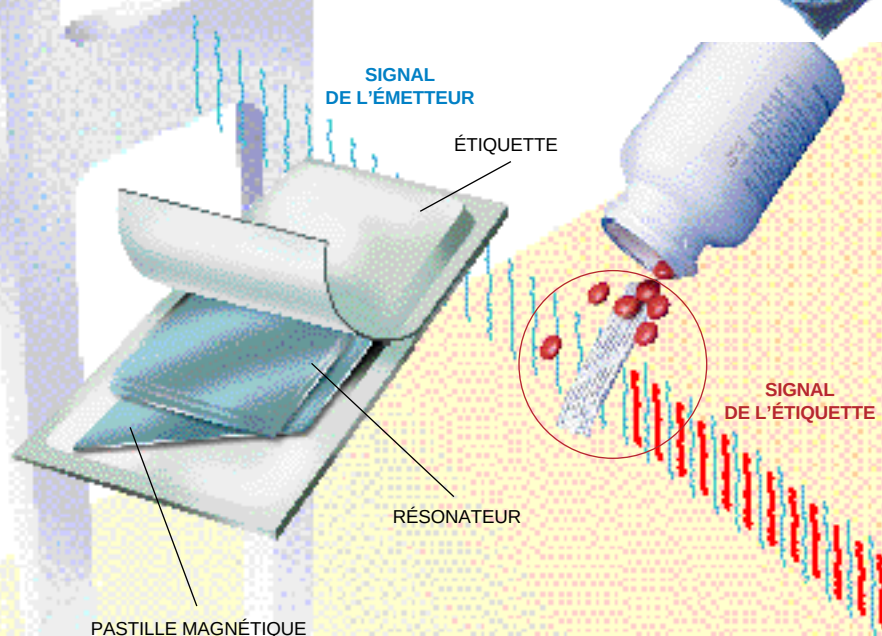
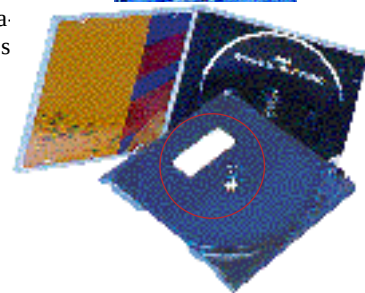
Similaire aux ondes radio de basses fréquences utilisées par l'armée pour les communications sous-marine, le champ électromagnétique de l'émetteur peut traverser des feuilles d'aluminium qui cachent d'éventuels objets étiquetés. Cependant, l'étiquette peut toujours être mise hors d'état de fonctionner si

DES PRODUITS VARIÉS peuvent contenir des étiquettes antivol (*cercles rouges*) qui auront été cousues au tissu, fixées à l'emballage ou placées dans le contenu.



1. LES ANTENNES qui protègent les entrées des magasins contiennent un appareil qui émet des trains d'ondes radio à la fréquence de 58 kilohertz (*en bleu*).

2. LE RÉSONATEUR situé à l'intérieur du produit qui passe près d'une antenne vibre à la même fréquence que celle émise.



4. UNE PASTILLE MAGNÉTIQUE placée à côté du résonateur assure que ce dernier oscille précisément à 58 kilohertz. À la caisse, un appareil rend l'étiquette inopérante en démagnétisant la pastille ou en altérant ses propriétés magnétiques. Ainsi, le résonateur ne vibre plus ou vibre à une fréquence différente.

3. LE RÉCEPTEUR détecte les trains d'onde séparés de 11 millisecondes. Si, entre chaque train, il détecte au moins quatre fois les signaux rouges émis par l'étiquette, l'alarme se déclenche.

elle est tordue ou enlevée par le malfaiteur. Pour cette raison, les commerçants mettent les étiquettes à l'intérieur du produit lui-même, de sorte que l'on ne peut l'ôter sans abîmer le produit. À la caisse, l'étiquette est désactivée.

Les étiquettes antivols peuvent avoir d'autres applications. Certains produits contiendront bientôt des puces électroniques sur lesquels on lira et on enre-

gistra à l'aide d'ondes radio des informations concernant la date et le lieu de l'achat. La prochaine fois que vous achèterez une paire de tennis, le reçu pourrait se trouver à l'intérieur.

Joseph RYAN est vice-président de la Société **Sensormatic Electronics**.

La bosse des maths

Stanislas Dehaene. Éditions Odile Jacob, 1997.

F redonnons un air : «Malbrough s'en va-t-en guerre», ou le «Taratata» de la Cinquième Symphonie de Beethoven. Combien y a-t-il de notes dans ces fragments ? Huit à dix dans le premier, quatre ou cinq dans le second, est-on tenté de répondre si on ne les compte pas explicitement. L'estimation «à vue de nez» est imprécise : à partir de quatre. Autre expérience : un ami trace un repère à la craie sur un chemin, à dix ou douze mètres de vous, puis vous invite à vous y rendre, les yeux bandés. En général, vous vous arrêtez à hauteur du repère, avec une erreur inférieure au demi-pied. À combien de pas se trouvait le repère et combien de pas avez-vous fait ? Vous voilà incapable de le dire.

En somme, il existe un centre, dans un coin du cerveau, qui programme les mouvements de la marche, évalue la distance, calcule exactement le nombre de pas à faire, mais les éléments de son calcul ne passent pas à la conscience. Nous savons «moins bien que nos pieds» le nombre de pas à faire. Les animaux, aussi, savent compter avec leurs pieds. L'araignée possède, près des articulations des pattes, un organe sensible aux déformations mécaniques. Quand elle part en excursion, elle avance d'un pas régulier, et cet organe la renseigne sur le nombre de pas accomplis et sur la distance à parcourir pour retrouver son logis.

Maladroits dans le chiffage approximatif, aurions-nous néanmoins quelque talent pour naviguer dans l'espace des nombres purs et y accomplir de l'arithmétique mentale ? Dans son livre passionnant, Stanislas Dehaene entreprend de nous détromper : il y défend avec force l'idée que la représentation des nombres dans le cerveau humain est des plus floues, et qu'ils y seraient traités comme des grandeurs analogiques.

Sa proposition s'appuie en premier lieu sur une expérience publiée en 1967 par R.S. Moyer et T.K. Landauer, qu'il a lui-même complétée : la «pesée des nombres». Dans cette expérience, on demande à un sujet de désigner rapidement le plus grand de deux chiffres compris entre 0 et 9. Intuitivement on s'attend à ce que «4 plus grand que 3» ait le même caractère d'évidence

que «7 plus grand que 2», et que le temps de réaction soit égal pour toutes les comparaisons. Or plus les chiffres sont proches, plus les sujets répondent lentement, et plus ils commettent d'erreurs. D'où l'idée que les nombres seraient comparés par un processus analogique, une sorte de pesée. S. Dehaene préfère une métaphore visuelle où les nombres seraient gravés sur une sorte de ligne neuronale. Comparer deux nombres reviendrait à comparer des distances à l'origine, sur cette ligne.

Toutefois, insiste-t-il, nous avons une appréhension immédiate et exacte des petits chiffres, entre 1 et 4. Expériences à l'appui, il propose que, «dès l'âge de six mois, le bébé est en possession d'un compteur arithmétique rudimentaire, capable de reconnaître les petits nombres et de les combiner en additions et soustractions élémentaires». Pour lui, l'enfant dispose d'une représentation numérique abstraite et, face à un petit nombre de stimuli, il «perçoit réellement un nombre plutôt qu'une configuration sonore ou une disposition géométrique des objets».

Le second point d'appui de S. Dehaene est tiré des observations cliniques qu'il a faites, avec Laurent Cohen, sur des patients qui, à la suite de lésions dans des aires précises du cerveau, présentent de curieuses déficiences dans la manipulation des nombres. Notamment, un certain M. Nau ne sait plus combien font deux plus deux : il répond tantôt trois, tantôt quatre, tantôt cinq, mais ne donne jamais de résultat éloigné, tel neuf. Le chapitre consacré à ces études de cas est, pour moi, le plus intéressant du livre, par la richesse des exemples et par l'ahurissante virtuosité avec laquelle l'auteur les interprète en termes de circuits neuronaux reliant des aires du cerveau.

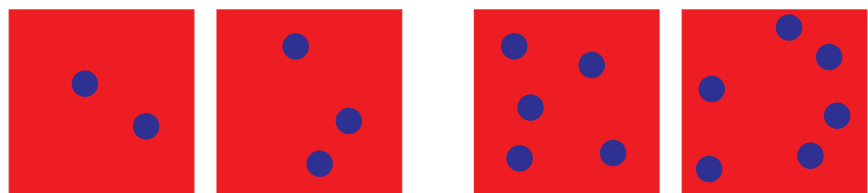
Ce livre est écrit à chaud, sur des questions qui sont loin d'être réglées ; aussi a-t-on le droit d'être en désaccord avec l'auteur, sans pour autant méconnaître son mérite. Je dirai donc pourquoi je trouve douteuse l'expérience cruciale de la «pesée des nombres». Je soupçonne que, lorsque deux chiffres sont comparés dans les conditions semi-

hypnotiques des tests psychologiques, leur vue activerait parallèlement deux processus : l'un serait la comparaison arithmétique accomplie par un processeur qualifié, l'autre serait une évocation des valeurs analogiques associées aux chiffres, le second perturbant l'expression du premier. Au lieu de mesurer la compétence arithmétique, on mesurerait le phénomène parasite.

J'ai refait l'expérience de R.S. Moyer et T.K. Landauer, et j'ai constaté que mes erreurs étaient toujours conscientes et qu'elles se produisaient souvent par paires. C'était comme si, quelque part dans mon cerveau, un centre peu doué pour les chiffres avait pris de vitesse un centre plus compétent et obtenu l'accès prioritaire aux mouvements des doigts. Dès que je commettais une erreur, ma vigilance augmentait, mais vlan ! au coup suivant, mes doigts me faisaient répondre contre mon gré que 2 est plus grand que 9. Comme si le centre qui gère les mouvements des doigts se disait : «puisque Monsieur n'est pas d'accord, je ferai juste le contraire de ce que je faisais jusqu'à présent».

Enfin, dans une expérience de contrôle, j'ai comparé directement des étendues (les surfaces de disques lumineux) : là, mes doigts ne me trahissaient pas, et les temps de réaction étaient plus courts. Quand des chiffres étaient inscrits sur les disques et que le grand chiffre était sur le petit disque, les temps de comparaison augmentaient, tout en restant inférieurs à ceux qui étaient mesurés dans la pure comparaison des chiffres. Peut-être que mon processeur arithmétique, incapable de commander aux doigts dans l'épreuve de comparaison de chiffres, réussissait à influencer l'unité chargée de comparer les étendues des disques ?

Tout en étant vivement intéressé par le livre, j'ai éprouvé, à sa lecture, un sentiment de malaise grandissant, qui tient à la différence d'état d'esprit entre ma génération de «soixante-huitards» et la génération montante, à laquelle S. Dehaene appartient : nous étions prompts à dénoncer tous les pouvoirs et récusions le droit de cuissage dans les publications scientifiques. Ce qui



On distingue du premier coup la différence entre 2 et 3 (à gauche), mais pas entre 5 et 6 (à droite).

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 (pression = - 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.

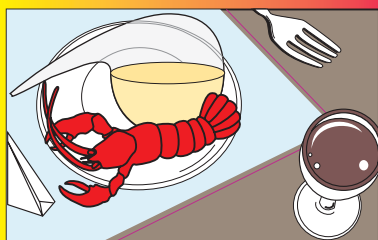
Je suis certain que ce livre donnera un grand plaisir intellectuel au lecteur curieux, sans qu'il ait initialement de notions de linguistique. Depuis une prohibition édictée à Paris au siècle passé, les linguistes évitaient les théories évolutives, mais j'espère qu'ils seront nombreux, en lisant ce livre, 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 phylogénique 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

POUR LA SCIENCE

8, rue Férou 75278 PARIS CEDEX 06
Tél : 01-46-34-21-42
<http://www.pourlascience.com>

POUR LA SCIENCE Directeur : Philippe Boulanger. Rédaction : Philippe Boulanger (Rédacteur en chef), Hervé This (Rédacteur en chef adjoint), Françoise Cinotti (Rédactrice - Secrétaire générale de la rédaction), Bénédicte Leclercq, Luc Allemand, Yann Esnault, Philippe Pajot. Secrétariat de Rédaction : Annie Tacquenet, Pascale Thiollier, Céline Lapert. Direction Marketing et Publicité : Henri Gibelin, assisté de Séverine Merviel et Christelle Dumas. Direction financière : Pierre Lecomte. Fabrication : Jérôme Jalabert, assisté de Delphine Savin. Directeur de la publication et Gérant : Olivier Brossollet.

Ont également collaboré à ce numéro : Anne-Marie Bacon, Michel Brunet, Paloma Cabeza-Orcel, Anny Cazenave, Corinne Debaine-Francfort, Paul Decaix, Évelyne Host-Platret, Patrick Michel, Alessandro Morbidelli, Claude Olivier, Guy Paulus, Pierre Pfeiffer, M. Saint-Mleux, Sylvaine Turck-Chièze, Jean-Claude Vial.

SCIENTIFIC AMERICAN Editor : John Rennie. Board of editors : Michelle Press, Timothy Beardsley, Wayt Gibbs, Marguerite Holloway, John Horgan, Kristin Leutwyler, Madhusree Mukerjee, Sacha Nemecek, Corey Powell, Ricki Rusting, David Schneider, Gary Stix, Paul Wallich, Philip Yam, Glenn Zorpette. Publisher : Joachim Rosler. Chairman and Chief Executive Officer : John Hanley. Corporate Officers : Robert Biewen, Frances Newburg, John Moeling, Anthony Degutis.

PUBLICITÉ France

Chief de Publicité : Susan Mackie, assistée de Anne-Claire Ternois, 8 rue Férou 75278 Paris Cedex 06
Tél. : 01 46 34 09 12.

Télex : LIBELIN 202978F.

Télécopieur : 01 43 25 18 29

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

SERVICE DE VENTE RÉSEAU NMPP

Henri Gibelin.

DIFFUSION DE LA BIBLIOTHÈQUE POUR LA SCIENCE

Canada : Modulo - 233, avenue Dunbar Mont-Royal, Québec, H3P 2H2 Canada

Suisse : GM Diffusion - Rue d'Etraz, 2 - CH 1027 Lonay

Autres pays : Éditions Belin - B.P. 205, 75264 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 d'exploitation du droit de Copie (3, rue Hautefeuille - 75006 Paris). Nos lecteurs trouveront des bulletins d'abonnement en pages 18A, 18B, 98A et 98B.



sexualité et, notamment, aux pratiques du contrôle des naissances. Il se préoccupe plus d'histoire sociologique de la sexualité que d'«histoire historique» ou d'histoire des techniques biomédicales : la contraception, l'avortement et la démographie, qui sont les thèmes centraux de ses investigations historiques, dépassent largement le domaine biomédical, puisque les instances religieuses donnent leur avis sur ces questions et que le politique doit tenir compte des changements de mentalité en réaction aux progrès de la science ; de surcroît, la sexualité humaine s'exerce dans un cadre juridique, éthique, économique, qui détermine les conceptions de la natalité.

Aussi comprenons-nous que la préface de ce livre sur l'histoire de la contraception soit signée par Pierre Simon, l'un des promoteurs du planning familial. Dans cet objectif historique sociopolitique, le livre de A. McLaren, qui est la traduction de l'édition parue en 1990, n'est pas sans intérêt, se lit facilement, et l'appareil critique non négligeable permet de remonter aux sources originales.

En complément de cette *Histoire de la contraception*, celle de la procréation serait bienvenue : les hasards de l'édition auraient pu bien faire les choses et, dans ce cas, apporter un complément historique nécessaire, si l'*Histoire naturelle et artificielle de la procréation*, de J. Gonzalès, avait été autre chose qu'une vaste compilation dont la somme des inexactitudes, des erreurs et des mauvaises interprétations gâchent l'intérêt.

Les leçons de Canguilhem et de Jacques Roger semblent bien étrangères à ces auteurs qui se forgent un habit d'historien des sciences de la vie et de la médecine, sous le seul prétexte que, spécialistes d'une discipline scientifique, ils pensent pouvoir en écrire l'histoire en pillant une littérature secondaire dont à l'évidence ils ne savent pas apprécier la valeur réelle. Pourquoi J. Gonzalès ne s'est-il pas contenté d'écrire l'histoire de la procréation de son époque ? C'est aux pages 331 à 385 que l'auteur aurait dû se cantonner, dans la mesure où ce contenu correspond à son vécu de médecin et d'enseignant. Certes, il prévient qu'il n'est pas un «historien patenté» ? Pourquoi, alors, écrire une histoire de la procréation qui va de l'homme préhistorique à aujourd'hui ? Un historien des sciences de la vie et de la médecine aurait reculé devant pareille tâche (et quel historien des sciences de la vie et de la médecine oserait ouvrir un cabinet médical en inscrivant «médecin non patenté» sur sa

carte de visite pour se faire pardonner des maladresses qu'il ne manquerait de commettre ?).

On ne peut empêcher des auteurs d'écrire des livres d'histoire des sciences, ni des éditeurs d'éditer des ouvrages dans cette discipline, mais les uns et les autres doivent savoir qu'il existe des professionnels de l'histoire des sciences, et que ceux-ci ont notamment pour tâche d'éviter les lieux communs et la propagation des erreurs.

Aucun d'entre eux, par exemple, n'écrit plus que Lamarck a créé le mot biologie : on sait depuis 1983 que T.G.A. Rose a été l'inventeur du terme en 1797. Aucun d'entre eux n'affirmerait que les travaux de C.F. Wolff ont été «délibérément négligés» au XVIII^e siècle, et son œuvre «réhabilitée au XIX^e siècle» : en 1961, A. Gaissinovitch a démontré le contraire. Aucun d'entre eux ne dirait qu'à l'époque de Lamarck et d'Étienne Geoffroy Saint-Hilaire, «on ne prononçait pas encore le mot milieu» : ces auteurs et d'autres l'utilisaient dans le sens qu'on lui donne aujourd'hui en biologie. À propos de Geoffroy Saint-Hilaire, son prénom n'est pas Étienne-Geoffroy, mais Étienne, et son nom est Geoffroy Saint-Hilaire, et non Saint-Hilaire ; dire que Buffon était, au XVIII^e siècle, un «des classificateurs les plus ardents» et «un grand classificateur», c'est peut-être oublier la différence à faire entre la recherche d'un concept d'espèce et la pratique de la nomenclature, et c'est aussi oublier que, pour Buffon, le but de l'histoire naturelle était de décrire et non pas de classer. Mais il est vrai aussi que J. Gonzalès veut nous faire croire que Buffon décrivait les ergots du coq comme des organes copulateurs !

À plusieurs reprises, J. Gonzalès n'hésite pas à évoquer les erreurs commises par les «savants» : De Graaf, Buffon, Harvey... Quand on a le savoir de 1997, on ne comprend pas l'intérêt d'évoquer un concept d'erreur chez des auteurs qui, au XVII^e ou au XVIII^e siècle, débattent des problèmes du vivant avec leurs connaissances et interprètent leurs découvertes dans les possibles de leur époque.

Abrégeons ce jeu de la mauvaise critique, qui n'est ni agréable ni enrichissant, car nous aurions souhaité plus d'efforts de la part d'un auteur qui s'engage dans un travail aussi difficile que l'histoire de la procréation. Car entre les erreurs grossières, qu'il était facile d'éviter, les manques importants et les interprétations erronées, il sera difficile aux lecteurs de faire la part des choses entre le vrai et le faux, le bon et le mauvais.

Jean-Louis FISCHER