

CARRÉ MAGIQUE

Des structures mathématiques plus complexes peuvent intervenir lors de ces jeux d'écriture. Un carré magique est un tableau de nombres dont la somme de chaque ligne et de chaque colonne est toujours la même. On impose aussi que les diagonales donnent le même total et que les nombres utilisés soient 1, 2, 3, ... jusqu'au 9 pour un carré 3×3 , jusqu'au 16 pour un carré 4×4 , etc. Un des plus simples, de total 15, est :

2	9	4
7	5	3
6	1	8

Pascal Kaeser, dans son livre *Nouveaux exercices de style. Jeux mathématiques et poésie* (Diderot, 1997), propose de composer un poème suivant ce carré magique : le nombre de pieds des trois premiers vers est déterminé par la première ligne du carré magique : 2, 9, 4. La seconde ligne donne le nombre de pieds des vers du deuxième groupe de trois vers, etc.

Magie !

Imagine un monde où l'important

Serait le jeu,

Seul moteur des énergies.

Exit militants

Et grincheux !

Au placard nostalgique,

Temps

Cruel et climat orageux !

L'utilisation de la contrainte introduit un équilibre dans l'ensemble du poème : le nombre de syllabes de chaque strophe est 15, mais, de plus, la somme des longueurs des premier vers (ou des seconds, ou des troisièmes) des différentes strophes est aussi constante et il y a un vers de chaque longueur possible : 1 pied, 2 pieds, ... 9 pieds. Tout cela confère à l'ensemble une élégante et secrète esthétique.

CARRÉ GRÉCO-LATIN

Toujours avec l'idée d'introduire une organisation cachée, on utilise un carré gréco-latin dont chaque case contient une lettre grecque et une lettre latine telles que :

(i) Chaque lettre grecque α , β , γ , etc., apparaît dans chaque ligne, et chaque colonne une fois exactement, de même que chaque lettre de l'alphabet latin a, b, c, etc. ;

(ii) Chaque case contient une lettre grecque et une lettre latine ;

(iii) Deux cases différentes ne contiennent jamais les mêmes deux lettres.

Voici un carré gréco-latin d'ordre 3 :

γc	αb	βa
βb	γa	αc
αa	βc	γb

Euler, dans un mémoire écrit à la fin de sa vie, prétendit qu'il n'existait pas de

6. POÈMES PROGRESSIFS

A	J'
un	ai
mur	cru
bête	voir
blanc	parmi
ivoire	toutes
montent	beautés
certain	insignes
vigoureux	Rosemonde
sarmenteux :	resplendir
persicaires,	flamboyante
aristoloches,	pantelante
inimaginables,	écartelée
chèvrefeuilles	évoquant
monstrueusement	quelque
indisciplinables,	charme
suremberlificotés,	scié
multidimensionnels.	sur
Latis	un
	x
	G. Perec

carré gréco-latin pour les nombres de la forme $4k + 2$ (pour les autres, il avait proposé une méthode de construction). En 1960, R. Bose, E. Parker et S. Shrikhande ont démontré qu'il est possible de construire un carré gréco-latin d'ordre N pour toute valeur de N sauf 2 et 6. En particulier donc pour l'ordre 10, Pascal Kaeser propose d'utiliser de telles structures pour composer des poèmes comme celui-ci basé sur un carré gréco-latin d'ordre 4 et construit sur un principe transparent :

Je suis	je bois	je suis	je vois
dans l'air	de l'eau	si feu	par terre
Je suis	je vois	je fuis	je bois
sur terre	un feu	tant d'eau	plein air
Je vois	je suis	je bois	je fuis
sous l'eau	fait d'air	à terre	le feu
Je bois	je fuis	je vois	je suis
sans feu	vers terre	en l'air	fou d'eau

Le carré gréco-latin le plus intéressant est celui qui prouva l'inexactitude de la conjecture d'Euler. Claude Berge, membre de l'OULIPO, avait proposé d'écrire une série de dix récits ayant chacun dix personnages dont les rôles (« amoureux violent », « bête à manger du foin », etc.) seraient déterminés par la structure d'un carré gréco-latin d'ordre 10. L'idée fut reprise par Georges Perec, qui construisit son roman *La vie, mode d'emploi* (Hachette, 1978), sur la structure d'un carré gréco-latin d'ordre 10 associé à un parcours du cavalier de toutes les cases. À chaque pièce d'un immeuble de neuf étages et de dix fenêtres de largeur correspond un chapitre du livre. Le contenu des cases du carré gréco-latin détermine le mobilier, les décors, les personnages, les allusions littéraires, historique ou géographique, les citations présentes dans le chapitre. Le passage d'une pièce à l'autre quand on change de chapitre est fixé par une solution (trouvée à la main

par Perec lui-même) du problème du cavalier sur un échiquier 10×10 : faire parcourir toutes les cases de l'échiquier en respectant les règles du déplacement d'un cheval d'échecs et sans passer deux fois par la même.

Toujours sur un échiquier, le problème des huit reines consiste à disposer ces reines de sorte qu'aucune reine ne soit en prise. Pascal Kaeser propose d'associer à l'échiquier un poème composé de huit vers de huit pieds construits sur le principe suivant. À chaque case de l'échiquier correspond un pied du poème, conformément à la disposition géométrique solution du problème ; la présence d'une reine sur une case est traduite par la répétition, aux endroits appropriés, d'un monosyllabe choisi. Le poème de Pascal Kaeser intitulé *Un trou dans l'espace-temps*, est illustré à côté du titre. Un autre poème du même auteur, tiré d'un problème célèbre, le problème de Kirkman, est détaillé sur la figure 5.

Bien d'autres objets mathématiques ont été utilisés par ces curieux virtuoses de la langue qui pimentent leur travail de composition littéraire dans l'espoir de bâtir sur une architecture mathématique un texte plus beau, plus original, plus singulier que ceux que la liberté et le désordre de l'imagination produisent. Les mathématiques sont un jeu, la littérature un autre, quoi d'étonnant qu'en les combinant on explore à l'infini des jeux encore plus drôles. L'excellente émission dominicale de Bertrand Gérome *Des papous dans la tête* sur France Culture intéressera les amateurs de littérature contrainte.

P. BRAFFORT, *Science et littérature : les deux cultures, dialogues et controverses pour l'an 2000*, Diderot Éditeur, 1998.

A. DELEDICQ, J.-C. DELEDICQ et F. CASIRO, *Les maths et la plume*, ACL Éditions, 1996.

C. GAGNIÈRE, *Pour tout l'or des mots*, Collection Bouquins, Robert Laffont, 1997.

P. KAESER, *Nouveaux exercices de style. Jeux mathématiques et poésie*, Diderot, collection "Jardin des sciences", 1997.

P. KAESER, *À l'assaut du Snark, Jeux d'écriture*, Diderot, collection "La règle et le compas", Paris 1998, ISBN : 2-84352-113-0

OULIPO, *La Littérature potentielle*, Gallimard, 1973.

OULIPO, *Atlas de littérature potentielle*, Gallimard, 1981 (deuxième édition, Folio, 1988).

OULIPO, *La bibliothèque oulipienne*, 3 volumes, éditions Seghers, 1990.

Georges PEREC, *La disparition*, Denoël, Paris 1969.

R. QUENEAU, *Cent mille milliards de poèmes*, Gallimard, Paris, 1961.



Une main-d'œuvre pharaonique ?

IAN STEWART

Dix mille ouvriers ont suffi à la construction de la Grande Pyramide de Gizeh.

La construction des pyramides de l'ancienne Égypte reste un des principaux mystères de l'archéologie. Le plus grand de ces monuments, est la Grande Pyramide de Gizeh, ou pyramide de Khéops, toujours intacte, qui fut construite sous le règne du roi Khéops, 2 500 ans avant notre ère. Elle est formée d'énormes blocs de pierre que des ouvriers extraient, taillaient, transportaient sur le site de

construction et empilaient les uns sur les autres.

Pourquoi les Égyptiens assemblaient-ils de tels édifices ? Beaucoup de pyramides sont vraisemblablement des tombes royales. Comment ces monuments étaient-ils construits ? Les hypothèses abondent, mais la question demeure. Aujourd'hui les historiens disposent d'une évaluation de la main-d'œuvre utilisée grâce aux travaux de Stuart Wier.

Les calculs de ce mathématicien amateur d'égyptologie répondent à ceux qui furent proposés, au V^e siècle avant notre ère, par l'historien grec Hérodote : celui-ci estimait à 100 000 le nombre d'hommes nécessaires à la construction de la Grande Pyramide. Il semble avoir surestimé le travail, puisque S. Wier a calculé que 10 000 hommes ont suffi.

Ses calculs s'appliquent à la pyramide de Khéops, mais sont valables pour n'importe quelle autre. Il évalue d'abord la quantité d'énergie nécessaire à l'élévation d'une masse connue à une hauteur donnée. Le quotient de cette énergie potentielle par le nombre de jours de construction est la quantité de travail fournie chaque jour par tous les ouvriers égyptiens pour élever les pierres. En divisant ce résultat par la quantité moyenne d'énergie dépensée chaque jour par un ouvrier, on obtient le nombre de travailleurs recherché.

Combien de temps dura la construction ? Elle ne commença sans doute pas avant l'arrivée au pouvoir de Khéops, et la date de son achèvement reste incertaine. S. Wier suppose le temps de construction égal à la durée du règne de Khéops : 23 ans, soit 8 400 jours de travail ininterrompu.

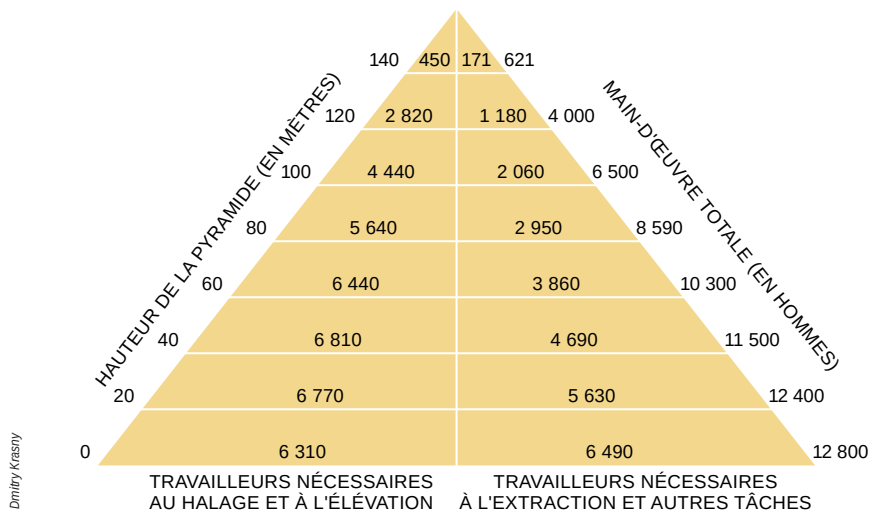
La Grande Pyramide de Gizeh mesurait initialement 146,7 mètres de hauteur et 230,4 mètres de côté à la base. Son volume V (le tiers du produit de la hauteur par la surface de la base) était donc de 2,6 millions de mètres cubes. Comme la roche utilisée est un calcaire de densité 2,7 (2 700 kilogrammes par mètre cube), le poids de la pyramide atteignait sept milliards de kilogrammes. L'énergie potentielle E_p (le quart du produit du poids par la hauteur et par l'accélération de la pesanteur g , égale à 9,81 mètres par seconde carrée) est égale à 2 520 milliards de joules.

En moyenne, un homme fournit 240 000 joules par jour. Dans l'hypothèse d'une efficacité parfaite, 1 250 hommes ont suffi pour l'élévation des pierres.



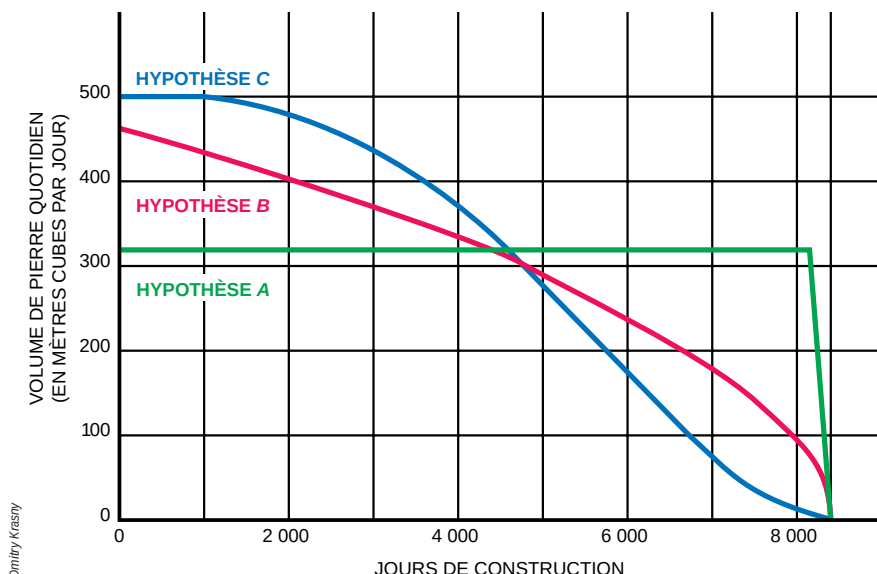
Roger Ressmeyer, Corbis

1. La Grande Pyramide (au centre), à Gizeh, peut avoir été construite par 10 000 hommes seulement.



Dmitry Krasny

2. Main-d'œuvre nécessaire à la construction de la Grande Pyramide.



3. Trois façons de répartir la main-d'œuvre pour achever la Grande Pyramide en 8 400 jours.

S. Wier tient compte (par un facteur 1,5) de la relative inefficacité du travail musculaire. Il n'oublie pas non plus la main-d'œuvre requise pour le transport des pierres, de la carrière jusqu'au site de construction, éloigné de quelques centaines de mètres et plus élevé de 19 mètres.

Les pyramides contiennent des passages et des chambres, quelquefois remarquables, mais l'essentiel de la construction reste un empilage de blocs. Certains archéologues pensent que les blocs étaient hissés sur de longues rampes de sable ; d'autres supposent l'utilisation d'un système de leviers.

Des gravures égyptiennes montrent que les blocs de pierre étaient halés, à leur sortie de la carrière, sur des rondins de bois. Pour calculer le nombre d'hommes requis pour le halage, S. Wier a tenu compte de l'énergie perdue par les frottements contre le sol des rondins de bois chargés d'un bloc de pierre. Il a également considéré l'énergie nécessaire à l'extraction des pierres, à leur taille ou à leur installation sur la pyramide. Il propose, pour l'ensemble de ces travaux parallèles, un maximum de 14 hommes par mètre cube de pierre et par jour.

Ces calculs supposent un travail constant par un nombre d'ouvriers invariable, mais l'hypothèse est-elle juste ? Aucune information ne le précise, et plusieurs cas sont possibles.

Le quotient du volume V par le temps de travail (8 400 jours) indique une moyenne de 310 mètres cubes de pierre mis en place chaque jour. Cependant, quand la construction progresse, les ouvriers doivent porter les blocs de plus en plus haut, tandis que l'espace de travail (la surface au niveau atteint) diminue.

La construction devait ralentir lorsque la pyramide s'élevait.

S. Wier a considéré trois cas (voir la figure 3). Dans l'hypothèse A, pendant 8 110 jours, 315 mètres cubes sont posés chaque jour, puis le volume diminue rapidement avec la surface de travail disponible au sommet de la pyramide. Dans l'hypothèse B, de 462 mètres cubes le premier jour, le volume de pierre décroît lentement pendant 8 000 jours, et plus rapidement ensuite. L'hypothèse C, enfin, suppose la mise en place d'un volume de 500 mètres cubes pendant 1 000 jours, puis une diminution brusque jusqu'à presque atteindre zéro au bout de 7 000 jours. Dans les trois cas, la pyramide est achevée au bout de 8 400 jours.

La figure 2 montre la quantité de main-d'œuvre nécessaire à chaque étape de la construction réalisée suivant l'hypothèse B. Au début, la moitié des travailleurs déplacent les blocs, l'autre moitié les extraient ou les installent. À la fin, seulement un quart des ouvriers déplacent les blocs. Beaucoup d'ouvriers travaillent au début, mais leur nombre n'excède pas 12 800, soit environ un pour cent de la population égyptienne estimée de cette époque. Les hypothèses A et B conduisent à des résultats similaires.

Le cas le plus simple est sans doute l'emploi d'une main-d'œuvre constante, sauf vers la fin de la construction, lorsque l'espace de travail est réduit. Dans un tel cas, 10 600 hommes auraient pu construire la Grande Pyramide de Gizeh. Une main-d'œuvre encore inférieure aurait assuré la construction des autres pyramides de Gizeh ou celles de Dashour. En dépit de l'énormité des pyramides, l'Égypte ancienne disposait d'une main-d'œuvre bien suffisante.

DES CAILLOUX DANS LES CHOSES SÛRES

DIDIER NORDON

Des cailloux dans les choses sûres



Didier Nordon épingle les scientifiques et les politiques qui extraient de la science plus qu'elle ne dit. Nul doute que chacun reconnaîtra dans ces piques... le défaut de son condisciple.

144 pages - 65 F

Code 1897

**POUR LA
SCIENCE**
DIFFUSION BELIN

Bon de commande en p. 98

Histoire des sciences

Michel-Eugène Chevreul, Un savant des couleurs

Sous la direction de Georges Roque, Bernard Bodo et Françoise Viénot. Éditions du Muséum national d'histoire naturelle/EREC, 1997.

Art et science de la couleur. Chevreul et les peintres, de Delacroix à l'abstraction

Georges Roque. Éditions Jacqueline Chambon, 1997.

Le nom de Michel-Eugène Chevreul est plus connu pour des raisons postales et toponymiques que scientifiques : armé de patience et d'un *Minitel*, le chimiste Jean Jacques, un des auteurs du premier volume considéré ici, a montré en 1988 que Chevreul est, après Marcelin Berthelot, le chimiste français du XIX^e siècle qui a donné son nom au plus grand nombre de voies publiques. Quel était ce personnage auquel viennent d'être consacrés deux ouvrages ? Il est né à Angers en 1786, et mort à l'âge de 103 ans, à Paris. Son activité scientifique fut considérable : il fut l'auteur d'environ 800 notes, mémoires ou livres, et, en 1885, âgé de 99 ans, il publiait encore une note dans les *Comptes rendus* de l'Académie des sciences de Paris ! Son activité protéiforme a concerné non seulement la chimie, la science des couleurs, mais aussi l'agriculture, l'alimentation, la teinture, l'histoire de la chimie, la théorie de la connaissance, la baguette divinatoire et les tables tournantes (il était très critique)...

Son centenaire, en 1886, est un événement national : 52 discours sont prononcés, une statue est inaugurée, une médaille est frappée, une réception à l'Hôtel de ville de Paris est suivie d'un banquet de 1 000 couverts et d'une retraite aux flambeaux sur les grands boulevards, un entretien que Chevreul accorde à Nadar, illustré de photographies expressives, est le premier reportage photographique paru dans la presse française (il est

publié par le *Journal Illustré*). Tous les journaux relatent les manifestations du centenaire.

Avant tout, Chevreul a été l'un des grands chimistes de son temps. C'est l'incontesté créateur de la chimie des corps gras, qu'il a commencé à étudier dès 1812 et à laquelle il consacra en 1823 ses *Recherches sur les corps gras d'origine animale*. Ce traité, avec les *Considérations générale sur l'analyse organique* (1824), fait de Chevreul un des pionniers de la chimie organique, discipline alors naissante. Ainsi, en 1825, Chevreul dépose avec Louis-Joseph Gay-Lussac un brevet sur la préparation des bougies stéariques, qui allaient remplacer avantageusement les chandelles fuligineuses ; ce travail aura une importance pratique considérable quand l'industriel Adolphe de Milly aura l'idée de perfectionner les mèches de coton en les imprégnant d'acide borique.

C'est aussi le début de sa grande carrière : en 1824, il est nommé directeur des Ateliers de teinture de la Manufacture des Gobelins, poste qu'il occupera jusque en 1883. Élu à l'Académie des sciences en 1826, il est nommé professeur de chimie appliquée aux corps organiques au Muséum national d'histoire naturelle en 1829 ; il y enseignera durant 60 ans.

La nomination aux Gobelins marquera profondément l'activité de Chevreul. À ses débuts, il s'était initié, auprès de son maître Nicolas Vauquelin, à la chi-

mie des colorants végétaux alors utilisés en teinture, tels l'indigo, la gaude et la garance ; dès sa prise de fonctions aux Gobelins, il est intéressé par les phénomènes de perception des couleurs et par les effets produits en nous par leur juxtaposition. Il comprend ainsi que les plaintes concernant la stabilité de certaines couleurs, notamment les bleus, les violets clairs et les gris, sont justifiées : elles correspondent à une instabilité des pigments colorés ; en revanche, pour d'autres couleurs, tels les noirs utilisés pour les ombres des draperies bleues ou violettes, la stabilité des couleurs utilisées n'est pas en cause. En 1828, il présente ces résultats à l'Académie des sciences dans un mémoire intitulé *Sur l'influence que deux couleurs peuvent avoir l'une sur l'autre quand on les voit simultanément* ; puis, en 1839, il publie un livre au titre interminable – un procédé dont il usera largement – et qui reste connu par son début : *De la loi du contraste simultané des couleurs*... Il y étudie systématiquement des phénomènes voisins du suivant : quand on juxtapose deux objets colorés, chacun d'eux paraît, non pas de la couleur qui lui est propre, celle qu'il aurait si on le regardait isolément, mais d'une autre couleur. Cette couleur nouvelle résulte d'une modification de la couleur propre de l'objet par la couleur complémentaire de celle qui lui est contiguë.

Chevreul est revenu souvent sur la définition et les propriétés des couleurs complémentaires ; en 1868, il écrivait : « Définissons maintenant la couleur complémentaire d'une autre couleur, celle qui neutralise en même temps qu'elle est neutralisée, soit que, les couleurs étant des rayons solaires, elles reforment de la lumière blanche, c'est-à-dire incolore, soit que les couleurs étant matérielles, elles produisent du gris ». C'est en pensant aux couleurs matérielles (les couleurs des peintres) que Chevreul indique que sont respectivement complémentaires le rouge et le vert, l'orangé et le bleu, le jaune tirant sur le vert et le violet, l'indigo et le jaune orangé.

Sic transit gloria mundi : le bicentenaire de la naissance de Chevreul est passé aussi inaperçu, en 1986, que le centenaire avait été fastueux. Puis seulement deux colloques ont marqué le centenaire de sa mort, en 1989 : celui qui s'est tenu à Angers a concerné la chimie des corps gras ; le second, à Paris, a été une rencontre interdisciplinaire autour de son



Michel-Eugène Chevreul, photographié par Nadar en 1883.

œuvre et, tout particulièrement, de ses travaux sur la vision des couleurs et de leurs répercussions sur l'histoire de l'art. Huit ans plus tard, paraissent les actes de ce colloque, en même temps qu'un livre important sur Chevreul et les peintres, par Georges Roque, un des responsables de l'organisation du colloque parisien.

Les actes montrent que ce colloque fut interdisciplinaire, comme le voulaient les organisateurs. Les communications autour du premier thème, «Chevreul, l'homme de laboratoire et l'homme de la méthode», donnent une excellente vision du chimiste, de son activité et de sa place dans la communauté scientifique de l'époque. Les deux autres thèmes concernent plus directement les travaux consacrés à la couleur. Mentionnons les articles spécialement intéressants sur la théorie de la vision, et les prolongements informatiques du travail de Chevreul, celui très surprenant (c'est un compliment) sur l'art des jardins et celui de G. Roque sur Chevreul et les peintres. Cet article servit de base à son livre, que nous évoquerons après avoir souligné la qualité des illustrations du premier volume, parmi lesquelles on trouve certaines des photographies de Nadar et de belles reproductions de cercles chromatiques de Chevreul.

L'ouvrage de G. Roque est un développement considérable de sa contribution au colloque parisien. La richesse de la documentation et de l'appareil critique font penser à l'adaptation réussie d'un travail de thèse. L'ouvrage est à la fois un livre d'histoire de l'art et un ouvrage d'histoire des sciences. Dans la première partie, en plus d'indications biographiques sur la carrière de chimiste de Chevreul, l'auteur présente la méthode qui servit à l'établissement de la loi du contraste simultané des couleurs.

La seconde partie du livre montre comment les peintres ont accueilli la loi du contraste simultané. Avant d'y venir, mentionnons l'influence pratique des conceptions de Chevreul sur des artisans, tels les peintres d'enseignes ou de dioramas, les fabricants de papiers peints et les spécialistes de l'art des jardins, pour qui la manipulation des couleurs est un outil professionnel. Chevreul écrivit que les peintres ne l'avaient pas attendu pour reproduire correctement les couleurs, mais il était convaincu que la prise en compte du contraste simultané pouvait leur éviter de longs tâtonnements. Si l'influence pratique des théories de Chevreul sur la peinture de Delacroix reste discutée, on sait que le peintre s'intéressait à ces théories, qu'il avait acquis, vers 1850, un carnet de notes prises au cours de Chevreul et qu'il avait manifesté l'intention, qui ne s'est pas réalisée, de



Collection Manufacture des Gobelins

Chevreul s'intéressa à la stabilité des couleurs quand il fut nommé à la Manufacture des Gobelins

le rencontrer. Les rapports entre la peinture des impressionnistes et la loi du contraste simultané restent très controversés ; en revanche, les néo-impressionnistes, tels Georges Seurat et Paul Signac, se réfèrent très explicitement à Chevreul, et Robert Delaunay revendique pour sa peinture, à partir de 1912, le terme de «simultanée».

Le livre est bien écrit et bien illustré : c'est un ouvrage de fond auquel on aura plaisir à revenir. L'origine de l'auteur, philosophe et historien de l'art, se manifeste par de rares coquetteries de langage qu'on lui pardonne volontiers. Était-il utile, par exemple, de qualifier de paradigme le contraste simultané de couleurs ? Certains ont souligné que Thomas Kuhn lui-même, sur la fin de sa vie, avait abandonné l'usage de ce terme galvaudé. D'autre part, G. Roque a tort de reprendre sans nuance une idée fausse sur l'histoire de la chimie : la chimie du XIX^e siècle se serait limitée à une pratique expérimentale hostile à toute spéculation intellectuelle. Au contraire, les faits montrent que l'intense activité pratique s'est toujours accompagnée d'efforts de formalisation théorique ; la plupart des théories, après avoir été opérationnelles, ont été normalement «réfutées», alors que d'autres ont mieux résisté au temps.

Je recommande vivement la lecture des deux ouvrages, en souhaitant que leur parution marque la redécouverte de la figure attachante de Chevreul : est-il nécessaire d'oublier l'homme, son bicentenaire passé ?

Georges BRAM

Neurobiologie

Une introduction aux neurosciences cognitives

J. Delacour. Collection «Neurosciences et Cognition». Éditions De Boeck Université, 1998.

Le livre de J. Delacour a un double intérêt. D'abord, il inaugure une collection consacrée à un thème scientifique d'avenir : «Neurosciences et Cognition». D'autre part, il se présente justement comme une présentation de ce thème très à la mode et souvent mal compris. Pour bien mesurer l'intérêt des neurosciences cognitives, on doit savoir qu'elles sont issues d'une réaction à un grand courant qui a dominé les neurosciences et que l'on peut nommer, au sens large, le courant behavioriste. Pour ce courant, seule était objective la connaissance des comportements en relation avec les stimulus de l'environnement ; le savant sérieux ne devait pas s'intéresser à ce qui se passait entre les stimulus et les réponses comportementales, dans la «boîte noire», c'est-à-dire la boîte crânienne : les mécanismes intermédiaires, ceux qui sous-tendent ce qu'on nomme communément la pensée, ne pouvaient être objectivables et sortaient donc du propos de la science.

Ce que J. Delacour nomme la «révo-

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 30 novembre 1998.

FRANCE

info

lution cognitive» a changé cet état de choses. La révolution cognitive fait suite à la révolution informatique. Les développements de l'informatique, en effet, ont permis d'imaginer des simulations de processus mentaux qui, sans renoncer à l'objectivité du behaviorisme, ont conduit à la conception d'états intermédiaires entre les stimulus et les réponses, notamment, ce qu'on appelle les représentations mentales, dont J. Delacour donne une longue description. Il serait faux de croire que cette révolution cognitive s'appuie seulement sur des systèmes complexes créés par l'homme. Comme le souligne l'auteur, et c'est peut-être le message le plus important de l'ouvrage, la révolution cognitive ouvrirait nécessairement sur la cognition animale, la conception selon laquelle l'animal évolué est également capable de représentations. Dépassant le behaviorisme, la révolution cognitive permettait donc également de réfuter définitivement les thèses de René Descartes et de ses successeurs sur l'animal-automate ! Et, comme beaucoup d'autres thèses biologiques, elle plaçait la théorie de l'évolution au centre de son discours : comme les (autres) fonctions physiologiques, la cognition humaine était le fruit de l'évolution des ancêtres de l'homme ; c'est l'évolution qui «détient les clés de la compréhension de la structure et de la capacité fonctionnelle du système nerveux» (p. 182).

Le corps de l'ouvrage, ce sont, bien sûr, les études concernant l'apprentissage et la mémoire, dont les neurosciences modernes commencent à comprendre certains des processus. Philosophiquement, l'auteur se réclame d'un «matérialisme-identité» qui traduit le parallélisme de fait entre les fonctions biologiques du cerveau et les fonctions mentales. Plus précisément (p. 176) : «À tout état mental correspond un état du système nerveux, mais l'inverse n'est pas vrai – il existe des états du système nerveux qui n'ont pas de contrepartie psychique spécifique.» Cette conception se rattache au grand courant des monismes matérialistes, mais en se démarquant vigoureusement des monismes simplistes et réductionnistes (p. 176) : «À la différence du matérialisme réductionniste, le matérialisme-identité admet, du moins provisoirement, la validité des notions de la psychologie «mentaliste», par exemple les notions d'acte volontaire, de conscience.»

Autrement dit, ce monisme est bien adapté aux connaissances d'aujourd'hui et, notamment, à l'autonomie relative des neurosciences cognitives par rap-

port aux structures moléculaires du vivant. Il permet même une utilisation de concepts issus d'autres disciplines comme la phénoménologie (p. 189) : «La phénoménologie, plus qu'un guide, pourrait être un auxiliaire précieux des neurosciences cognitives, en leur évitant de méconnaître la réalité subjective de la connaissance.» Et ces perspectives, qui offrent à l'étude des représentations une large autonomie, devraient permettre d'intégrer également dans le champ des neurosciences l'étude des structures imaginaires de la pensée. Elles offriraient ainsi une approche nouvelle aux études sur l'art, notamment par l'utilisation, que propose l'auteur en conclusion, du concept de «monde» tel qu'il est perçu par le sujet et qui pourrait donner des normes communes à la science cognitive comme au vécu artistique.

Les neurosciences cognitives sont donc bien, on le voit, à l'origine d'un renouvellement important de la pensée épistémologique. Outre son intérêt didactique pour tous, le présent ouvrage sera d'une grande utilité pour en convaincre ceux qui en douteraient encore.

Georges CHAPOUTHIER

Environnement

L'eau dans l'espace rural : production végétale et qualité de l'eau

Édité par C. Riou, R. Bonhomme,
P. Chassin, A. Neveu et F. Papy.
INRA Éditions. 1997.

Nous le savons aujourd'hui, le manque d'eau maintiendra les productions agricoles à des niveaux insuffisants dans un nombre croissant de pays, au cours des prochaines années. Globalement, les dernières prévisions font état, pour 2025, de besoins en eau d'irrigation plus de trois fois supérieurs à ce qu'ils étaient en 1995. En France, où la consommation en eau agricole a augmenté de 45 pour cent au cours des dix dernières années, les périodes de sécheresse sont de plus en plus vivement ressenties. Nous le savons aussi, le remède à la pénurie annoncée passe par une adaptation toujours plus précise des besoins à la ressource, par une nouvelle gestion agronomique de l'eau.

Faire découvrir les clés de cette nouvelle gestion, telle est l'ambition de cet

ouvrage fort de 24 chapitres, regroupés en deux parties et proposés par 52 chercheurs, en majorité de l'INRA. Les deux parties montrent une double préoccupation, quantitative et qualitative. D'une part, on doit valoriser la ressource en eau, connaissant le fonctionnement hydrique des plantes et leurs régulations (trois chapitres), les possibilités offertes par l'amélioration génétique de la tolérance à la sécheresse (un chapitre) et, à l'échelle de l'exploitation, le fonctionnement et la gestion des cultures (deux chapitres).

D'autre part, on veut protéger la ressource à l'échelle du bassin versant, en s'appuyant sur une compréhension plus précise des cycles biochimiques (cinq chapitres) et de l'influence des pratiques agricoles (trois chapitres), pour définir une politique de la qualité de l'eau (un chapitre). Chaque partie comprend, en outre, de courts chapitres qui exposent les méthodes à l'origine de progrès marquants dans le domaine : mesure de la teneur en eau et du potentiel hydrique du sol, des flux de sève, de l'état hydrique des plantes, des flux de vapeur d'eau ; localisation de la profondeur moyenne d'absorption par les racines ; modélisation du bilan environnemental d'une culture, du ruissellement et de l'érosion ; dosage des pesticides ; estimation des flux de gaz-traces.

Un glossaire et un index facilitent l'utilisation de cet ouvrage dont on appréciera l'organisation d'ensemble, la clarté et la qualité des informations sur un enjeu majeur des années à venir, celui de la maîtrise de l'eau dans l'espace rural.

Henri DÉCAMPS

Astronomie

Annuaire du Bureau des Longitudes, Éphémérides astronomiques 1999

Éditions Masson.

Le 7 messidor an III (25 juin 1795), l'abbé Grégoire lit, devant la Convention nationale, un rapport établi par le Comité de la marine et par le Comité d'instruction publique : la France doit prendre la maîtrise des mers aux Anglais, grâce à une meilleure détermination des longitudes en mer, notamment par des techniques issues

POURLA SCIENCE

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

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

Ont également collaboré à ce numéro : Bernadette Bensaude-Vincent, Gilles Clément, Paul Decaix, Sylvie Dugeay, Évelyne Host-Platret, Claude Lehman, André Lemaire, Yves Marfaing, Alessandro Morbidelli, Claude Olivier, Moïse Namer, Guy Paulus, Pascale This, Frédéric Thomas.

SCIENTIFIC AMERICAN Editor: John Rennie. Board of editors: Michelle Press, Mark Alpert, Timothy Beardsley, Carol Ezzell, Wayt Gibbs, Alden Hays, Kristin Leutwyler, Madhusree Mukerjee, George Musser, Sasha Nemecek, Ricki Rusting, David Schneider, Gary Stix, Philip Yam, Glenn Zorpette. Publisher: Joachim Rosler. Chairman and Chief Executive Officer: John Hanley. Co-Chairman: Rolf Grisebach. Corporate Officer: Frances Newburg.

PUBLICITÉ France

Chef de Publicité : Susan Mackie, assistée de Anne-Claire Ternois, 8 rue Férou 75278 Paris Cedex 06
Tél. : 01 55 42 84 28.
Télex : LIBELIN 202978F.

Télécopieur : 01 43 25 18 29

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

SERVICE ABONNEMENTS

Ginette Grémillon : 01 55 42 84 04.

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 : Servioli - 5, rue des Chaudronniers - 15 Postale 3663 - CH 01211 Genève

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 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 d'exploitation du droit de Copie (3, rue Hautefeuille - 75006 Paris).

Nos lecteurs trouveront dans ce numéro un encart publicitaire Newsweek et, en pages 18A, 18B, 98A et 98B, des bulletins d'abonnement.

de l'observation astronomique. Près d'un siècle plus tôt, en 1714, les Anglais avaient déjà créé un Comité de la longitude (*Board of Longitude*), chargé de récompenser l'auteur d'un moyen fiable et précis pour résoudre ce très difficile problème, vital pour la navigation, et, en 1767, Nevil Maskelyne, directeur de l'Observatoire royal de Greenwich, éditait le *Nautical Almanac and Astronomical Ephemeris* pour les besoins de la marine anglaise.

La Convention nationale institue donc le Bureau des Longitudes, en le chargeant de poursuivre la rédaction annuelle de la *Connaissance des Temps* (créée en 1679 sous Colbert) et de rédiger l'*Annuaire du Bureau des Longitudes*, «propre à régler ceux de toute la République». La *Connaissance des Temps* (sic) à l'usage des astronomes et des navigateurs fournissait ainsi des tableaux de nombres relatifs aux positions quotidiennes dans le ciel du Soleil, de la Lune, des planètes alors inconnues (y compris la planète Herschel, pas encore nommée Uranus, découverte par William Herschel en 1781) ainsi que certaines étoiles très brillantes.

La mesure précise de la position de la Lune par rapport à ces étoiles permettait d'obtenir la longitude du lieu d'observation par la méthode des «distances lunaires», à condition de disposer de bonnes éphémérides de la Lune, c'est-à-dire de tableaux donnant pour tous les jours de l'année et toutes les trois heures, la position calculée de la Lune dans le ciel. Au cours du XIX^e siècle, le coût des chronomètres de marine diminue fortement, et ces instruments vont faire partie de l'équipement des navires, rendant inutile l'emploi de la méthode des distances lunaires pour faire le point en mer ; depuis 1905, la *Connaissance des Temps* ne publie plus ces tables de distances calculées.

Le premier volume de l'*Annuaire du Bureau des Longitudes*, celui de l'an V (1796-1797), un petit livre de 40 pages, indiquait seulement, pour chaque jour, les heures de lever et de coucher du Soleil et de la Lune à Paris, ainsi que l'instant de passage du Soleil au méridien, information très utile pour régler les horloges en temps moyen. Pour les planètes, ces données étaient calculées pour chaque décade du calendrier républicain.

Depuis plus de deux siècles, l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* a grossi : plus de 300 pages de tableaux mensuels ou annuels fournissent les coordonnées célestes des principaux astres du Système solaire, des satellites de Jupiter et Saturne, ainsi que de nombreux astéroïdes et comètes

dont le retour visible est attendu dans l'année. Aujourd'hui, ces tableaux sont calculés grâce à des modèles mathématiques performants et précis, établis au Bureau des Longitudes, par le Service des calculs et de mécanique céleste, unité de recherche associée au CNRS.

En plus des tables éphémérides, cet ouvrage contient des informations utiles sur différents calendriers traditionnels ou religieux et leur correspondance avec le calendrier grégorien, le seul officiel dans le monde. Les définitions du siècle et du millénaire rappellent que les prochains commenceront le 1^{er} janvier 2001, et non 2000. Un chapitre résume des notions d'astronomie fondamentale concernant le temps ou les calculs des coordonnées des astres, et dresse des tableaux des caractéristiques physiques et orbitales des planètes et de leurs satellites.

Cette édition pour 1999 comporte également un long développement sur la prochaine éclipse totale de Soleil, qui sera visible dans le Nord de la France, le 11 août 1999, vers midi (heure légale d'été). Des cartes aident à choisir le bon site pour observer ce phénomène, et des tableaux détaillés donnent, au dixième de seconde près, les instants intéressants de l'éclipse partielle ou totale, pour tous les chefs lieux des départements de métropole, ainsi que pour une trentaine de villes situées dans la zone de totalité.

Une autre publication récente du Bureau des Longitudes, *Introduction aux Éphémérides astronomiques* (Éditions de Physique, 1997) est un ouvrage explicatif de référence, destiné aux astronomes, chercheurs et étudiants intéressés par l'astronomie fondamentale, l'astrométrie et la mécanique céleste. Le Bureau des Longitudes anime également deux serveurs, accessibles à tous : le 3616 BDL sur *Minitel*, pour l'actualité astronomique, les heures de lever et de coucher des principaux astres, les prochaines éclipses de Soleil et de Lune, et le serveur *Internet* <http://www.bdl.fr>, qui fournit, en plus des mêmes données astronomiques, des photographies et de très belles cartes détaillées pour ces éclipses.

Michel TOULMONDE

La liste de tous les livres reçus en service de presse par la rédaction de Pour la Science est donnée sur notre site Internet, à l'adresse :
<http://www.pourlascience.com>