



AU MOIS DE FÉVRIER :

Mardi 4 février à 20 h :
La première photographie.
Le trafic routier.
Ondes et particules.
L'évolution.
Analyse d'un Rembrandt.

Mardi 11 février à 20 h :
Toiles d'araignées.
Héliographie.
La solubilité.
Datation de la grotte Chauvet.
Les embouteillages.

Mardi 18 février à 20 h :
Tourbillons et turbulence.
La rosée sur les toiles.
Les hémisphères du cerveau.
Le codage des images.
Stalactites et climat.

36 15 ARTE (1,29 F/mn)
<http://www.arte-tv.com>

arte

Institut français d'archéologie, Le Caire



6. UN DESSIN D'ÉTUDIANT représentant un portrait royal a été corrigé en blanc par son professeur. À Deir el-Medina, les jeunes gens avaient des tuteurs individuels qui leur enseignaient la lecture, l'écriture et les connaissances générales.

étaient rédigés sur du papyrus ayant déjà servi (palimpseste) que pouvaient facilement se procurer ceux qui occupaient un poste officiel (le papyrus était cher). Ces travaux étaient l'œuvre de jeunes apprentis que l'on formait pour des tâches administratives. Chaque jour, ces élèves remplissaient l'équivalent de plusieurs pages de papyrus.

Malgré les particularités du système scolaire adopté à Deir el-Medina, les étudiants du village étudiaient les mêmes matières que les autres, et de la même façon. Dans ce village d'ouvriers-artisans, les professeurs ins-

truaisent, certes, les tailleurs de pierre entre leurs journées de travail, les faisant écrire sur des fragments de pierre (le matériau qu'ils avaient sous la main), mais ils enseignaient les œuvres classiques de la littérature égyptienne, avec pour objectif de leur communiquer une sagesse qui les préparerait à une carrière réussie. Comme un scribe du village l'écrivait à un jeune élève :

«Prends très à cœur l'écriture, car c'est une profession bien utile pour celui qui l'exerce. Ton père savait écrire en hiéroglyphes, et il était respecté de par les rues.»

Andrea McDOWELL a participé à des fouilles sur le site de Deir el-Medina.

Morris BIERBRIER, *Les bâtisseurs de Pharaon*, éditions du Rocher, Monaco, 1986.

Viviane KOENIG, *Un village d'artisans égyptiens sous Ramses IV : Deir el-Médineh*, éditions Albin Michel Jeunesse, 1984.

Pascal VERNUS, *Affaires et scandales sous les Ramsès*, éditions Pygmalion, 1993.

Dominique VALBELLE, *Les ouvriers de la Tombe*, IFAO, Le Caire, 1985.

Yvan KOENIG, *Magie et magiciens dans l'Égypte ancienne*, éditions Pygmalion, 1994.

Jaroslav ČERNÝ, *A Community of Workmen at Thebes in the Ramesside Period*, French Institute of Eastern Archaeology, Le Caire, 1973.

Jac. J. JANSSEN, *Commodity Prices from the Ramessid Period : An Economic Study of the Village of Necropolis Workmen at Thebes*, E.J. Brill, Leiden, 1975.

Morris BIERBRIER, *The Tomb-Builders of the Pharaohs*, British Museum Publications, Londres, 1982.

Letters from Ancient Egypt, traduction de Edward F. Wente, sous la direction de Edmund S. Meltzer, Scholars Press, 1990.

La neige artificielle



LES CRISTAUX DE NEIGE ont des formes variées, mais ils ont toujours une symétrie d'ordre six. La microphotographie à gauche montre la forme hexagonale d'un cristal de glace agrandi 4 200 fois. Le point noir au centre du flocon est une particule de protéines produites par la bactérie *Pseudomonas syringae*

lorsqu'elle est refroidie à sec. Ces particules sont des centres de nucléation qui favorisent la cristallisation des molécules d'eau.

Les skieurs sont souvent inquiets à l'approche de l'hiver : la couche de neige sur les pistes sera-t-elle assez épaisse pour qu'ils puissent pratiquer leur sport favori ? Les stations de sports d'hiver qui souhaitent que la réponse à cette question soit toujours positive se sont équipées de canons à neige.

La neige naturelle se forme dans les nuages par la lente solidification de la vapeur d'eau. La condensation des molécules est favorisée par des particules de poussière. De tels germes de nucléation sont indispensables : l'eau distillée ultrapure peut rester liquide jusqu'à -40°C , un phénomène nommé surfusion.

Les canons à neige ne sont pas alimentés par de l'eau très pure, et le risque de surfusion est faible. Toutefois, pour être certains que les gouttelettes d'eau gèlent dans l'air et ne s'étalent pas sur le sol en plaques de verglas, ils ajoutent à l'eau des particules, protéines ou enzymes, autour desquelles les cristaux de glace se forment.

La neige artificielle n'a pas la même structure que la neige naturelle fraîche : elle est constituée de petites billes de glace, pas de flocons. Elle ressemble toutefois à la neige naturelle qui a évolué et s'est tassée, quelques jours ou quelques semaines, selon les conditions météorologiques, après être tombée. C'est un excellent revêtement pour skier.

LE CANON À NEIGE, relié à une borne d'alimentation par un tuyau, pulvérise l'eau, qui contient des particules autour desquelles les cristaux de neige se forment. Quand l'eau rencontre l'air froid, elle cristallise, puis tombe au sol. Les amas de neige ainsi formés sont ensuite damés sur les pistes.



L'EAU EST POMPÉE, à travers des conduites, jusqu'aux bornes d'alimentation situées sur les flancs de la montagne. La plupart des canons à neige sont alimentés par des cours d'eau ou par des réservoirs installés près des pistes de ski. L'air est mélangé dans le canon à neige après son passage dans le compresseur.

Les carrés alphamagiques

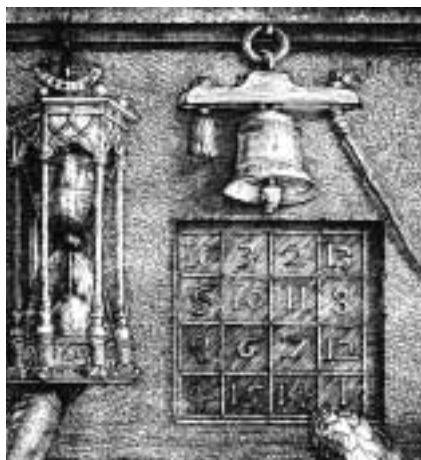
IAN STEWART

Les beautés des carrés magiques, numériques et linguistiques.

Le carré magique, où les sommes par lignes, par colonnes et suivant chaque diagonale sont toutes égales, est un thème important des jeux mathématiques. Si l'on en croit une légende chinoise, le plus simple des exemples représenté ci-contre (1), fut révélé à l'empereur Yü sur le dos d'une tortue, au XXIII^e siècle avant J.-C. Le total commun, ou «constante magique», de ce carré est 15, et sa taille, ou «ordre», est 3.

Des carrés magiques existent pour tout ordre supérieur, ainsi qu'une pléthore de généralisations : cubes, hexagones, octogones, cercles magiques...

On pourrait penser que tout ce qui peut être dit sur de tels carrés l'a déjà été depuis longtemps. Mais il y a dix ans, Lee Sallows inventa une «race» entièrement nouvelle : le carré alphamagique. L. Sallows, un expert de jeux de mots, se spécialisa en combinant la linguistique et la mathématique des jeux (une autre de ses inventions, la *New Merology*, a été décrite dans *Pour la Science*, en mai 1994). Ma participation est fondée sur



1. Ce carré magique d'ordre 4 est extrait de la gravure de Dürer, *Melencolia*.

deux des articles de L. Sallows dans *The Lighter Side of Mathematics*, édité par Richard Guy et Robert Woodrow (*Mathematical Association of America*, 19XX). Le concept est séduisant. En voici un exemple en anglais :

five	twenty-two	eighteen
twenty-eight	fifteen	two
twelve	eight	twenty-five

D'une part, les mots, quand ils sont transcrits en chiffres, donnent le carré magique conventionnel (2), de constante 45. Mais, d'autre part, si l'on compte le nombre de lettres de chaque mot (traits d'union exclus), le carré obtenu (3) est aussi magique, cette fois de constante 21.

L. Sallows a développé une théorie générale de telles constructions. Il commence en définissant $\log(x)$, ou «logarithme» de l'entier x , comme le nombre de lettres du mot x (L. Sallows a combiné le grec *logos*, signifiant «mot», et *arithmos*, signifiant «nombre», en un élégant jeu de mots : logorithme). Un nombre a , dans différentes langues, des logorithmes différents. Nous envisagerons plusieurs langues. Commençons par l'anglais.

Pouvons-nous trouver d'autres carrés alphamagiques en anglais ? Oui, et pour une raison simple : il suffit d'ajouter avant chaque chiffre «one million and». La constante magique du carré numérique augmente de trois millions, et celle de son «dérivé logarithmique», le carré obtenu en remplaçant chaque nombre par son logorithme, croît de trois fois le nombre de lettres de «one million and», soit $3 \times 13 = 39$. En conséquence, il existe une infinité de telles extensions des carrés alphamagiques d'ordre trois. L. Sallows dit que ces carrés sont des «harmoniques» du carré initial et, raisonnablement, les écarte comme des variantes triviales.

Existe-t-il d'autres variantes plus intéressantes ? Au XIX^e siècle, le mathématicien français Édouard Lucas imagina une formule (4), pour tout carré magique d'ordre 3 :

$a + b$	$a - b - c$	$a + c$
$a - b + c$	a	$a + b - c$
$a - c$	$a + b + c$	$a - b$

Pour toutes valeurs de a , b et c , le résultat est magique, et tout carré magique d'ordre 3 est de cette forme. Sa constante est $3a$. Remarquez que toute ligne passant par le terme central porte trois termes en progression arithmétique, c'est-à-dire telle que deux termes successifs diffèrent d'une constante. Par suite, une stratégie raisonnée pour trouver des carrés alphamagiques est de rechercher des triplets d'entiers en progression arithmétique, tels que les logorithmes correspondants soient aussi en progression arithmétique.

Choisissons, par exemple, 15 comme nombre central, puisque nous savons qu'un tel carré alphamagique existe. Alors la table des logorithmes révèle cinq triplets adéquats : (2,15,28), (5,15,25), (8,15,22), (11,15,19) et (12,15,18). Nous pouvons alors essayer avec toutes les paires possibles de ces triplets, par exemple sur les deux diagonales. Ainsi, avec les deux premiers, nous avons le carré (5).

La formule de Lucas nous enseigne que la constante magique vaut toujours trois fois le terme central, soit ici 45. Il n'y a donc qu'une seule manière de compléter le carré, comme indiqué en (6).

Nous pouvons soit rejeter ce cas à cause du terme négatif -8, soit l'écrire «minus eight», de logorithme 10. Dans ce dernier cas, le carré logorithmique dérivé est (7), qui, hélas, n'est pas magique. Cependant, les essais avec les autres paires fournissent rapidement un nouveau carré alphamagique. La réponse à cet excellent exercice d'entraînement est donnée plus loin.

Et si le terme central n'est pas 15 ? L. Sallows écrivit un programme informatique pour chercher d'autres carrés alphamagiques d'ordre 3 et en trouva de nombreux. Un exemple (toujours en anglais) est indiqué en (8).

Le même jeu peut être joué dans d'autres langues. L'encadré de la page 97 indique des exemples en swahili, en gallois, en français

2	18	25
38	15	-8
5	12	28

3	8	10
11	7	10
4	6	11

15	72	48
78	45	12
42	18	75