



Des sculptures en ciment

IAN STEWART

D'étranges sculptures cimentent art, mathématiques et physique.

La prestigieuse revue *Nature* est éclectique : à côté d'importants articles de recherche, elle publie une chronique intitulée «Art et Science», dont le nom décrit bien le contenu. Dans le numéro du 11 décembre 1997, l'historien d'art Martin Kemp présente les remarquables paysages réalisés par l'artiste londonien Jonathan Callan. Toutefois, ces paysages ne sont pas peints : ce sont des sculptures qui ne ressemblent à rien de ce qui peut se voir sur la Terre ou sur tout autre monde connu. Plus précisément, ces paysages naissent quand on verse du ciment sur une planche perforée.

M. Kemp, qui enseigne l'histoire de l'art à l'Université d'Oxford, note une relation entre ces sculptures et des travaux récents en théorie de la complexité. Certains principes généraux semblent gouverner les paysages fantastiques de J. Callan ; par exemple, les pics les plus élevés se rencontrent dans les zones les plus éloignées des trous. Dans une lettre publiée dans un numéro suivant de *Nature* (29 janvier 1998), Adrian Webster, un astronome de l'Observatoire royal d'Édimbourg, explique l'étrange géométrie de l'univers de J. Callan à l'aide d'une branche classique des mathématiques, la théorie des cellules de Voronoï. Il explique également comment cette dernière illustre l'une des récentes découvertes majeures en astronomie : la structure en mousse de la répartition de matière dans l'Univers. S'il y eut jamais un exemple de l'unité des mathématiques, de l'art et de la science, c'est bien celui-là.

LA NATURE CRÉATRICE

Depuis les toutes premières peintures rupestres, les artistes ont utilisé des phénomènes physiques et chimiques pour réaliser leurs chefs-d'œuvre : dans la Grèce antique, les sculpteurs savaient comment se fracturent les pierres et

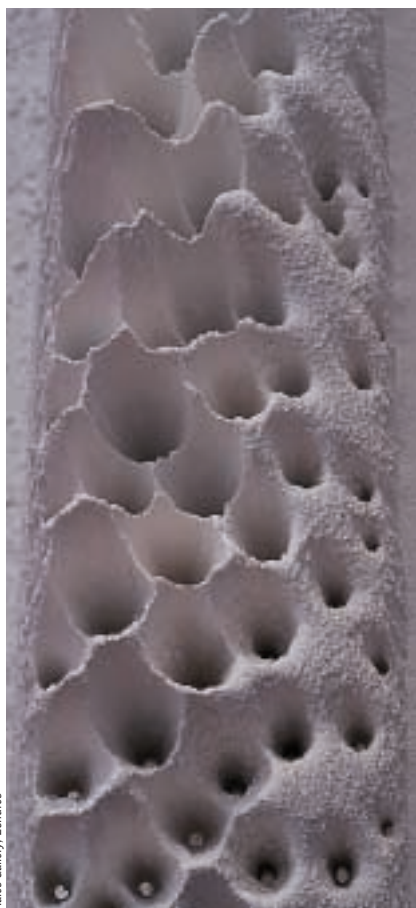
comment le bronze fondu coule dans un moule ; les peintres de la Renaissance connaissaient empiriquement les propriétés des pigments. Habituellement, le modelage des sculptures ou la réalisation des peintures résultent de la maîtrise de ces processus physico-chimiques. J. Callan appartient à un petit groupe d'artistes modernes qui veulent abandonner cette maîtrise. Ce n'est plus l'artiste, mais les processus physiques ou chimiques qui déterminent les caractéristiques principales de leurs œuvres.

Pour obtenir ses paysages, J. Callan part d'une planche horizontale, qu'il perce aléatoirement. Puis il saupoudre régulièrement du ciment sur la planche. Une partie du ciment tombe dans les trous et une autre s'entasse entre ces derniers. La sculpture durcit lorsqu'elle absorbe l'humidité de l'air. Le paysage final est une étrange alternance de pics et de cratères vertigineux. J. Callan le compare à une chaîne de montagnes terrestre : «Une géographie qui semble à la fois éminemment naturelle et hautement artificielle : les Alpes quand elles étaient neuves!»

SCULPTURE ET TAS DE SABLE

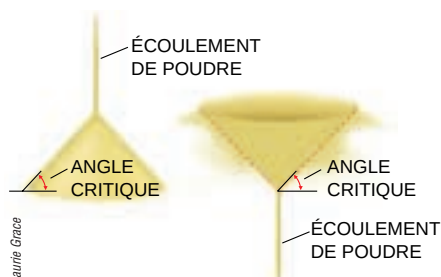
À propos de ces paysages, on devrait plutôt évoquer des tas de sable. Les ingénieurs civils savent bien comment les matériaux granulaires (sable, terre, ciment en poudre...) s'entassent. La caractéristique la plus simple et la plus importante est l'existence d'un «angle critique» : c'est la pente maximale qu'un tas de sable puisse adopter sans s'écouler. La surface du tas fait alors un angle constant avec le sol : l'angle critique. Quand on verse du sable sur une surface par un conduit assez étroit, la pente du tas augmente jusqu'à atteindre la valeur critique ; au-delà, le sable glisse au long de la pente, engendrant des avalanches qui restaurent la pente critique. Ainsi se forme invariablement – et spontanément – un cône de révolution.

Les spécialistes de la complexité étudient le mécanisme par lequel la pente atteint cette valeur critique et la nature des avalanches, petites ou grosses, qui l'accompagnent. Le physicien danois Per Bak nomma «criticalité auto-organisée» de tels phénomènes, et il proposa qu'ils modélisent nombre d'importantes caractéristiques du monde naturel, en particulier l'évolution des êtres vivants, où les avalanches concernent non des



Hélène Gallier, Londres

1. Une sculpture en ciment de Jonathan Callan.



Laurie Grace



Helios Gallery, Londres

2. Les cratères des sculptures de J. Callan résultent de l'écoulement spontané de la poudre de ciment : quand l'angle d'un tas devient supérieur à un angle critique, une avalanche se déclenche (en haut). Sur la photographie inférieure, on voit la totalité de la sculpture, on voit la poudre entassée sous la plaque perforée qui porte les cratères.

grains de sable, mais des espèces entières, et où les tas sont des objets dans des espaces imaginaires d'organismes potentiels.

Dans les œuvres de J. Callan, la structure du ciment en poudre autour de chaque trou est l'inverse de celle des tas de sable. Considérons une planche horizontale percée d'un unique trou. Loin de ce dernier, le ciment s'amoncelle dans toutes les directions suivant l'angle critique du ciment en poudre, créant une dépression conique ouverte vers le haut et qui pointe vers le trou (voir la figure 2). Ces cônes sont les cratères qui forment les saisissants paysages de J. Callan.

Quelle est la forme de la surface obtenue quand on dépose le ciment sur une plaque à plusieurs trous ? Chaque grain de ciment pris dans une avalanche s'écoule sous la planche par le trou le plus proche de son point d'impact initial. On peut alors prédire où seront les frontières entre les cratères coniques en divisant la planche en régions entourant chaque trou et for-

mées des points plus proches de ce trou que de tout autre. Une telle région est le «polygone d'influence» du trou. Si la planche est horizontale, les frontières de ces régions sont celles des cratères adjacents.

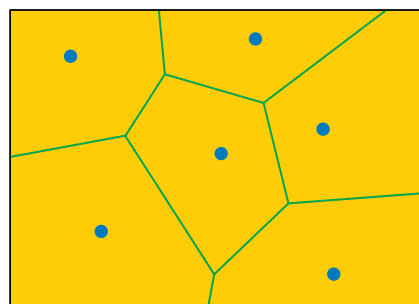
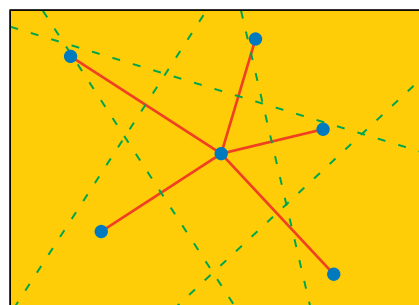
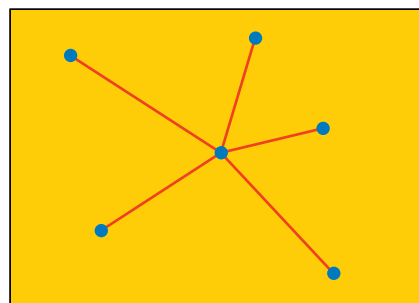
TAS DE SABLE ET COSMOLOGIE

On détermine le polygone d'influence d'un trou en traçant tous les segments joignant ce trou aux autres trous, puis toutes les perpendiculaires à ces segments en leur milieu, c'est-à-dire leurs médiatrices (voir la figure 3). Le résultat est un réseau de médiatrices qui s'entrecroisent. On détermine alors la plus petite région convexe (pour laquelle toute droite qui prolonge n'importe lequel de ses bords ne coupe pas la zone) limitée par ces droites et contenant le trou choisi. Cette «cellule de Voronoï» est la région cherchée. Georgii Voronoï (1868-1908) fut un mathématicien russe qui étudia la théorie des nombres et les pavages dans les espaces à plus de deux dimensions. Les cellules de Voronoï eurent quelques autres dénominations (domaines de Dirichlet ou cellules de Wigner-Seitz, par exemple), car elles furent réintroduites dans de nombreux contextes. Chaque trou est dans une seule cellule de ce type et, toutes les cellules ensemble pavent le plan.

Les cratères de J. Callan sont des cônes ayant tous le même angle (l'angle de pente critique), qui se rencontrent à la verticale des côtés des cellules de Voronoï construites sur le système des trous. Avec cette géométrie, deux pentes se rencontrent à la même hauteur au-dessus de la planche : il n'y a pas de discontinuité de la surface.

Quelle est la forme des arêtes entre deux cratères voisins ? Il s'agit de l'intersection de deux cônes de même ouverture, symétriques par rapport au plan vertical médiateur du segment qui joint le fond des cratères. Cette intersection est contenue dans ce plan médiateur. Quelle courbe obtient-on si l'on coupe un cône par un plan parallèle à son axe ? Les anciens Grecs connaissaient déjà la réponse : une branche d'hyperbole. C'est la raison pour laquelle les paysages de J. Callan sont si tourmentés.

Et quel rapport avec l'astronomie ? Au lieu de trous dans un plan, imaginons des points dans un espace à trois dimensions, et remplaçons les médiatrices des segments qui joignent les trous par les plans médiateurs des segments qui joignent les points. Pour un point choisi, considérons tous les plans médiateurs des segments joignant



Laurie Grace

3. On trace les cellules de Voronoï en dessinant les médiatrices des segments joignant les trous deux à deux.

ce point à tous les autres. Nous nommerons encore cellule de Voronoï la plus petite région convexe limitée par ces plans et contenant le point considéré. C'est un polyèdre.

Les astronomes ont récemment découvert que la répartition de la matière dans l'Univers forme un réseau de tels polyèdres convexes : la majorité des amas galactiques semblent être situés aux frontières d'un tel réseau. Cette structure a été nommée modèle en bulles de Voronoï de l'Univers, car il fait penser à une mousse gigantesque.

Il existe une analogie imparfaite, mais éclairante entre la répartition de la masse dans l'Univers et la répartition du ciment dans les paysages de J. Callan : le ciment des sculptures atteint ses plus grandes hauteurs à la verticale des limites des cellules de Voronoï ; la propriété analogue, dans l'espace tridimensionnel, serait que, lors de l'expansion de l'Univers, la matière se concentre suivant les mêmes frontières. Ainsi la cosmologie rejoint l'art et les mathématiques.



Nature/J. Olesen

Sur la piste du nectar rouge



Nature/J. Olesen

NESOCODON MAURITIANUS



Les plantes à fleurs sont généralement pollinisées par des animaux, insectes, oiseaux, reptiles ou petits mammifères, qu'elles attirent en produisant un liquide sucré et incolore, le nectar. En 1976, on a découvert sur l'île Maurice une fleur de la famille des campanulacées, *Nesocodon mauritianus*, dont le nectar est, étonnamment, rouge (à gauche, la flèche indique une tache de nectar rouge sur la fleur vue de dessous). Deux autres espèces mauriciennes partagent cette anomalie : *Trochetia blackburniana* et *Trochetia boutoniana* (page de droite, en haut ; la flèche indique le nectar rouge au fond de la corolle). Quel avantage la couleur rouge du nectar procure-t-elle à ces plantes ? Renforce-t-elle leur attrait pour les animaux pollinisateurs ? Dans une même zone, plusieurs espèces de plantes sont en concurrence pour attirer les mêmes pollinisateurs, et celle dont les fleurs sont le plus souvent visitées a le plus de chances de se perpétuer.

Aujourd'hui, *Nesocodon mauritianus* est pollinisée par le bulbul orphée (*Pycnonotus jocosus*), petit oiseau importé sur l'île à la fin du XIX^e siècle (à gauche, en bas, dans l'ovale bleu), et, dans une moindre mesure, par le merle local (*Hypsipetes olivaceus*). Les *Trochetia* sont pollinisées par les deux oiseaux lunettes autochtones (*Zosterops borbonicus* et *Zosterops chloronothos*).

Quelle espèce pollinisait *Nesocodon mauritianus* avant l'arrivée du premier bulbul orphée sur l'île ? La plante semble ne pousser que sur les falaises abruptes qui entourent une cascade, au Sud-Ouest de l'île (page de droite, en bas). Les oiseaux pollinisateurs autochtones dans cette région sont les oiseaux lunettes, le merle et le Foudi de Maurice, qui ne semblent pas priser cette fleur. Par ailleurs, l'humidité que règne sur les falaises qui entourent la cascade ne convient pas aux insectes pollinisateurs ni aux geckos, petits lézards qui pollinisent des arbres dans les forêts des basses plaines.

Nous avons alors cherché parmi les mammifères. La présence de deux chauve-souris roussettes est attestée sur l'île : *Pteropus niger* et *Pteropus subniger*. La première, assez grande, est surtout frugivore, mais elle s'intéresse aussi aux fleurs : on l'a déjà observée sur des fleurs d'Hibiscus. La seconde espèce s'est