

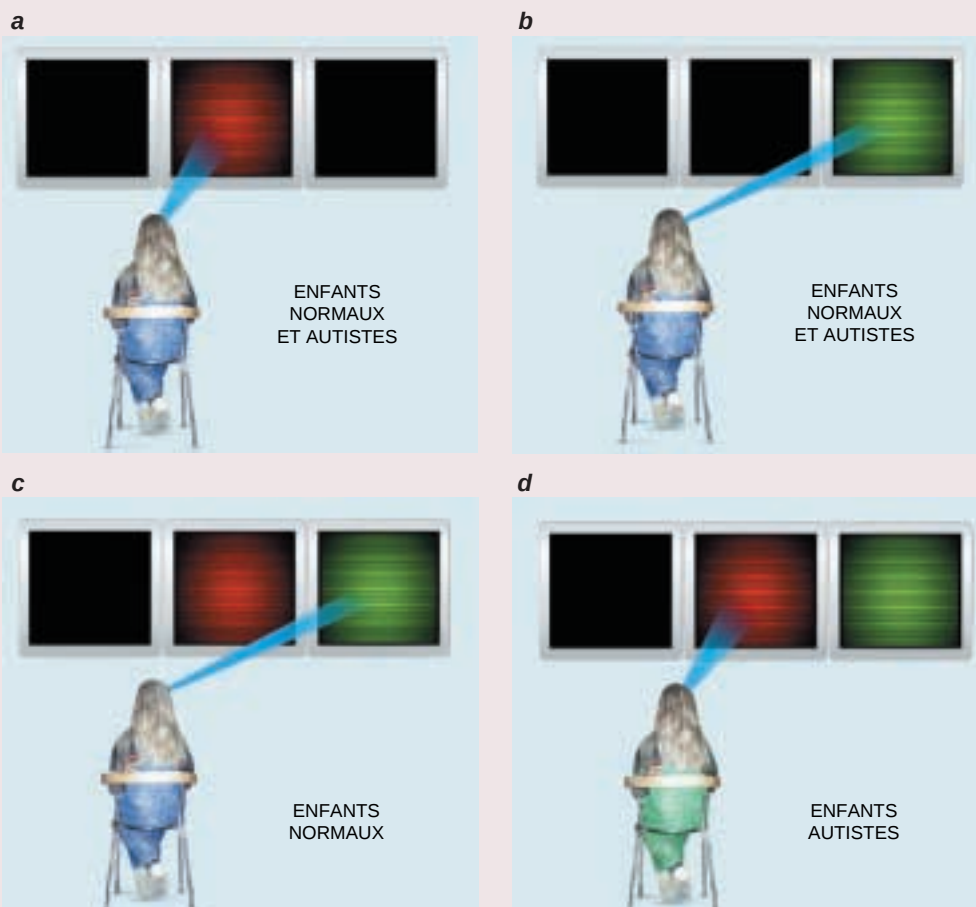
Un dépistage simple de l'autisme

À l'Université de York, Susan Bryson et Reginald Landry ont récemment identifié un comportement autistique plus simple que l'ensemble des comportements habituellement étudiés pour le diagnostic : ils ont découvert que les enfants autistes réagissent anormalement à des stimuli visuels. Cette activité mentale est commandée par une partie primitive du cerveau, probablement le tronc cérébral, le cervelet ou les deux : cette découverte aidera les médecins à diagnostiquer la maladie.

Dans leur étude, deux groupes d'enfants âgés de quatre à sept ans, autistes et non autistes, regardaient des éclairs de lumière sur trois écrans. Dans un premier test, une lumière clignotant sur l'écran du milieu attirait l'attention des enfants à cet endroit (a) ; puis, l'écran du milieu s'éteignait, et une autre lumière clignotante apparaissait sur l'écran de droite ou de gauche. Les deux groupes déplaçaient leur regard vers cet écran (b). Dans une seconde expérience, l'écran du milieu continuait de clignoter pendant que la lumière apparaissait sur l'autre écran. Les enfants normaux bougeaient les yeux et regardaient ce nouveau stimulus (c), tandis que les enfants autistes restaient fixés sur le premier (d).

Des enfants porteurs d'autres types de lésions cérébrales sont capables de passer d'un stimulus à un autre. En revanche, les

enfants autistes n'y parviennent pas, même quand ils sont très intelligents. Les biologistes pensent que cette capacité est une fonction cérébrale primaire, car le nourrisson et les enfants attardés en sont dotés. Comme les animaux s'orientent aussi vers de nouveaux stimuli, des études permettront peut-être d'étudier ce symptôme de l'autisme chez des animaux après des manipulations génétiques ou des expositions à des substances tératogènes.



Daniels & Daniels

associés au trouble, on pourrait les transférer à des souris ; puis, en exposant les animaux à des substances soupçonnées d'augmenter le risque d'autisme, on étudierait les interactions des facteurs environnementaux et génétiques, et l'on dresserait la liste des substances à éviter au début de la grossesse. L'étude du développement embryonnaire de ces souris transgéniques révélerait aussi les lésions cérébrales responsables de l'autisme : ayant identifié les dysfonctionnements du cerveau des personnes autistes, on aurait des bases solides pour chercher des traitements afin de minimiser les effets de la lésion.

La mise au point d'un test de dépistage génétique de l'autisme sera difficile, car de nombreux gènes semblent

responsables du trouble : on ne peut pas prédire précisément la probabilité d'avoir un enfant autiste en testant la présence d'un ou de deux gènes anormaux chez les parents. Toutefois, des tests pour les frères et les sœurs de personnes autistes qui craignent pour leurs propres enfants sont possibles : les médecins identifieraient alors les facteurs génétiques du membre autiste de la famille, puis les rechercheraient chez les frères et les sœurs non atteints.

Chaque facteur de risque que nous identifions perce un peu du mystère et constitue un point de départ pour de nouvelles hypothèses. L'étude de la thalidomide a attiré l'attention sur le tronc cérébral et le gène *HoxA1*. De nouveaux résultats d'embryologie, des études

comportementales, des imageries cérébrales ou d'autres travaux pourront également inspirer ceux qui étudient l'autisme et travaillent à soulager les souffrances terribles de ce trouble.

Patricia RODIER est professeur de gynécologie et d'obstétrique à l'Université Rochester.

G. LELOD, *Autisme et troubles du développement global de l'enfant*, Expansion scientifique, 1989.

B. BETTELHEIM, *La forteresse vide : l'autisme infantile et la naissance du soi*, Gallimard, 1998.

P. FERRARI, *L'autisme infantile*, PUF-Que sais-je?, 1999.



Sculptures réelles et virtuelles

IAN STEWART

Grâce aux mathématiques des surfaces minimales, un artiste crée des sculptures virtuelles et réelles.

Apart les mathématiciens, rares sont ceux qui savent que les mathématiques sont belles. À l'école, ceux qui ont peiné sur les problèmes d'algèbre ou d'arithmétique ont rarement conservé des souvenirs de «beauté». Néanmoins, les mathématiques en ont plusieurs types. Si l'appréciation de l'élégance d'une démonstration mathématique est réservée à une élite, la beauté des formes géométriques est immédiate, tout comme celle des objets que crée la sculpture ; même les non-mathématiciens la perçoivent.

J'ai déjà présenté plusieurs fois des sculptures inspirées par les mathématiques (voir, par exemple, *La sculpture et les nombres*, *Pour la Science*, août 1996). Le courrier qui a suivi cet article m'a révélé la surprenante variété des arts mathématiques. Ici, nous examinerons les relations qu'entretient la mathématique des surfaces minimales avec les sculptures en contreplaqué de Brent Collins, un artiste qui vit à Gower, dans le Missouri. Ce sera l'occasion de poser quelques questions sur les rapports entre art virtuel et art réel.

Dans les années 1980, B. Collins créait des sculptures abstraites, sans aucune intention de leur donner une signification mathématique. Pourtant, il comprit progressivement que, lors de son travail, il cherchait intuitivement à réduire la surface comprise entre les bords de ses sculptures. Sans le savoir, il reproduisait certaines formes élémentaires de la topologie !

En 1995, B. Collins a commencé à travailler avec l'informaticien Carlo Séquin, de l'Université de Berkeley, pour explorer l'aspect mathématique de ses œuvres d'art. Leur collaboration est détaillée dans la revue *Leonardo* (vol. 30, n° 2, 1997), publiée par l'Institut de technologie du Massachusetts.

La forme clef de ces sculptures est la selle, une surface courbée qui ressemble à l'objet qu'utilisent la plupart des

cavaliers. Les selles sont des composants élémentaires des surfaces «minimales», c'est-à-dire les surfaces qui, ayant une courbe donnée pour bord, ont une aire minimale.

On obtient naturellement des surfaces minimales en trempant une boucle de

fil de fer dans de l'eau savonneuse : quelle que soit la forme de la boucle – entrelacs, nœuds, etc. –, le film de savon se tend spontanément et minimise son aire. De surcroît, chacun de ses points est un point selle, c'est-à-dire que, dans des directions perpendiculaires, les courbures sont toujours opposées : l'une est dirigée vers le haut, l'autre vers le bas. Ces points-selles résultent de la minimisation de l'aire qui impose une courbure moyenne nulle en chaque point ; la surface n'est pas plane, mais, autour de chaque point, les courbures opposées de la selle s'annulent.

Les premières œuvres de B. Collins étaient inspirées de selles de cheval, mais il s'est rapidement orienté vers des formes plus complexes, notamment vers ce que les mathématiciens nomment une «selle de singe». Cette surface est comme une selle pour un singe muni d'une queue : elle a trois vallées descendantes, deux pour les jambes et une pour la queue, et trois vallées ascendantes (voir la figure 2). Une courbe fermée autour d'une telle selle s'incurve alternativement trois fois vers le bas et trois fois vers le haut, une selle classique s'incurve alternativement deux fois, et des selles «quadrupèdes» ou d'ordres supérieurs sont également possibles.

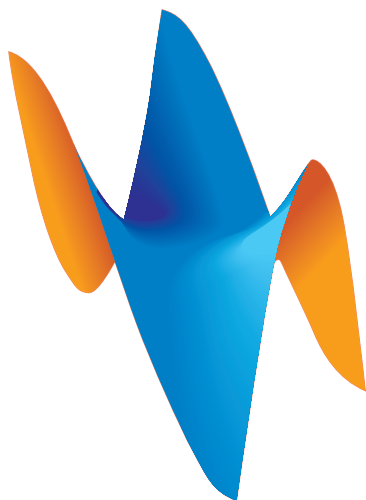
Pour voir comment B. Collins utilise ces idées dans ses œuvres, examinons l'*Hexagone hyperbolique* réalisé en 1995 (voir la figure 1). Cette sculpture, qui inclut six selles disposés en cercle, est étroitement apparentée à une surface minimale nommée tour de Scherk, du nom d'un mathématicien allemand. La tour de Scherk est composée d'une série de selles qui forment des trous orientés alternativement dans deux directions perpendiculaires (voir la figure 3). On obtient un *Hexagone hyperbolique* quand on tord une tour de Scherk à six trous de façon que son sommet et sa base se rejoignent.



1. Le Trèfle hyperbolique (en haut) et l'Hexagone hyperbolique (en bas) de Brent Collins illustrent ce que les mathématiciens nomment surfaces minimales.

Philip Keller

Dessins de Bryan Christie



2. La selle de singe est une surface minimale avec trois directions de courbures vers le bas séparées par trois directions de courbure vers le haut.

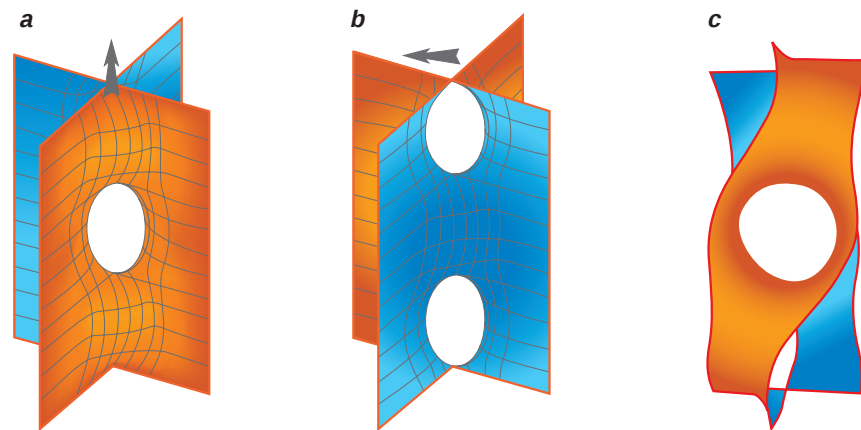
Lors de leurs discussions, B. Collins et C. Séquin ont eu l'idée de tourner l'extrémité d'une tour de Scherk de 90 degrés avant de la joindre à l'autre. Cette manipulation rappelle la construction d'un ruban de Möbius, qui s'obtient en tournant de 180 degrés l'extrémité d'une bande de papier avant de la coller à l'autre extrémité. En raison de la torsion, la surface n'a plus qu'une face : si vous peignez en rouge le ruban de Möbius de proche en proche, à partir d'un point quelconque et en vous arrêtant aux bords, vous verrez que le ruban sera finalement tout rouge ! Le ruban de Möbius est une surface à une seule face.

Une tour de Scherk sans torsion, ainsi qu'un *Hexagone hyperbolique*, a deux faces, que l'on peut peindre de deux couleurs différentes. Toutefois, la surface obtenue en tournant l'extrémité d'une tour de Scherk avant de la joindre à la seconde n'a qu'une seule face.

Le sommet et la base d'une tour de Scherk sont deux croix identiques, perpendiculaires à l'axe de la tour, qui se recollent parfaitement quand la torsion est un multiple de 90 degrés. Cependant, les trous successifs de la tour sont aussi, alternativement, selon deux directions perpendiculaires : cette alternance ne se retrouve sur la forme finale que si l'on tord les tours à un nombre impair de trous d'un multiple impair de 90 degrés et les tours à un nombre pair de trous d'un multiple pair de 90 degrés. Le *Trèfle hyperbolique* (voir la figure 1) est aussi une structure toroïdale obtenue par torsion d'une tour de Scherk à trois trous de $3 \times 90 = 270$ degrés.

C. Séquin crée ainsi une famille de surfaces qu'il nomme «surfaces de Scherk-Collins». En formulant mathématiquement les idées de B. Collins, il a conçu de nouvelles variations de façon systématique ; la réalisation des œuvres d'art en a été simplifiée. Comme les sculptures sont construites en contreplaqué par un travail long et délicat, B. Collins réalisait d'abord des prototypes en plastique et en cire. Cette méthode fournit un modèle précis, mais elle requiert plusieurs jours de travail. Pour accélérer l'opération, C. Séquin et son collègue Houman Meshkin ont mis au point un programme informatique de représentation des surfaces de Scherk-Collins.

Grâce à ce programme, l'artiste peut étirer et déformer la surface, afin d'obtenir un résultat esthétique satisfaisant. Il lui suffit de préciser certains paramètres : les plus simples sont le nombre de trous dans la tour et l'angle de torsion ; d'autres décrivent, par exemple, la taille des trous. Le programme ne se limite pas à la tour de Scherk ; certains paramètres permettent de choisir entre des selles de cheval ou des selles de singe. Une fois la surface affichée sur l'écran, on la réalise



3. Les tours de Scherk sont composées de selles superposées qui délimitent des trous dont les directions alternent. Une tour de Scherk à trois trous est vue de face (a) et après une rotation de 90 degrés (b). Tournée de 90 degrés, l'extrémité de cette tour (c) s'adapte à l'autre extrémité : le «tore» formé quand elles sont jointes est une surface à un seul côté.

Réactions

Dans l'article sur les sphéricônes (voir *Pour la Science*, novembre 1999), je décris des solides construits en coupant des doubles cônes et en pivotant l'une des moitiés de 90 degrés. Certains lecteurs ont confirmé ce que je pensais : cette forme n'était pas inédite. En 1996, David Been, d'Arlington, a trouvé dans un parc un objet rebondissant de la forme d'un sphéricône, probablement abandonné par un chien. Celui-ci devait en apprécier les rebonds imprévisibles.

Bob Whitefield, de Chapell Hill, confirme cette utilisation canine et indique que cette forme est brevetée par un fabricant de jouets. De façon plus sérieuse, plusieurs lecteurs ont remarqué que le sphéricône est un cas particulier de l'oloïde, une forme inventée par l'artiste suisse Paul Schatz.

Enfin, dans les années 1980, la compagnie *Momix*, dirigée par le chorégraphe Moses Pendleton, a utilisé pour l'un de ses spectacles une armature métallique très similaire à un sphéricône.

en s'aidant des outils informatiques graphiques. Par cette méthode, C. Séquin a déjà créé des dizaines de modèles de surfaces de Scherk-Collins.

Toutefois, la modélisation informatique pose des problèmes nouveaux : aujourd'hui, les ordinateurs graphiques sont suffisamment puissants pour que la sculpture virtuelle ne se distingue plus de l'objet réel. Par exemple, les programmes graphiques donnent aux images de surface de Scherk-Collins n'importe quelle texture, tels du bois et ses fibres, du cuivre brillant, de la peau de lézard ou du tissu. Les images imprimées des sculptures virtuelles sont indiscernables de photographies des sculptures réelles. Mieux même, un casque de réalité virtuelle permet de «tourner autour» des sculptures et d'en avoir une impression tridimensionnelle.

Doit-on alors matérialiser les sculptures ? Les sculptures virtuelles ne suffisent-elles pas ? La plupart des artistes traditionnels répondraient sans doute par la négative, mais qu'en diront les générations futures, familiarisées depuis leur naissance avec les systèmes de réalité virtuelle ? B. Collins est catégorique : «En tant qu'espèce ayant évolué pour la fabrication et l'usage des outils, les êtres humains ont une préférence esthétique pour les objets d'art faits à la main, et ils auront toujours besoin d'eux en tant que révélateurs de notre nature.» En d'autres termes, le réel est imbattable !

