

le plus souvent comme de simples ensembles de points dont on ignore tout des faces qui les délimitent. Les fractales 3D sont en effet souvent définies comme des ensembles de voxels (l'équivalent des pixels de la dimension 2). On itère un calcul en partant des coordonnées du voxel :

$$(x, y, z) \rightarrow f(x, y, z) \rightarrow f(f(x, y, z)) \rightarrow \dots$$

et, selon le comportement de la suite obtenue, on en déduit si le voxel appartient à la fractale. On utilise aussi cette suite pour fixer la couleur. Ce mode de définition impose des méthodes particulières de représentation. La qualité de la programmation est aussi importante et la quantité de calcul pour arriver à une image satisfaisante contraint parfois à faire des approximations : on développe donc un ensemble de techniques spécifiques aux dessins de fractales 3D.

La troisième étape est celle de la production d'images, de films ou de sculptures. C'est l'étape créative. Parfois, l'artiste profitera d'un artefact des calculs pour obtenir une image encore plus étrange que celle de la réalité mathématique. C'est l'analogie des photos brouillées, des tirages surexposés ou des éclats lumineux parasites que les photographes exploitent délibérément pour produire des images singulières.

Une conception globale

Notons bien (peut-être est-ce ce qui dérange ?) que la conception d'une image par l'artiste ne se fait pas pixel par pixel comme pour une peinture où l'artiste dépose progressivement les pigments sur sa toile par petites quantités. La conception ici est globale, l'artiste ne sait pas toujours précisément ce qu'il va obtenir, mais il sait que telle modification produit tel effet, que choisir les éclairages selon telle méthode donne une certaine atmosphère, que telle palette de couleurs convient, etc. Il sait aussi reconnaître une zone prometteuse et s'en approcher.

N'oublions pas que l'exploration des fractales 3D est un jeu à quatre degrés de liberté principaux : les trois directions de l'espace habituel et le grossissement. En réalité, à côté de ces quatre paramètres

principaux, il y a aussi ceux de l'orientation du regard (deux paramètres), ceux de la couleur et des effets de matière (faire en sorte que la fractale semble en or, par exemple), ceux de l'éclairage, ceux de la transparence, et ceux spécifiques à chaque forme fractale qu'on explore, et ils peuvent être nombreux.

Le travail fait autour des fractales, et en particulier des fractales 3D, est un travail scientifique. On explore des objets mathématiques et on en crée. On tente donc de connaître un domaine mathématique. On met au point des outils, algorithmes et programmes permettant d'y accéder et de mieux le percevoir et le comprendre. Ce travail mathématique et scientifique est très éloigné du travail habituel. L'essentiel des efforts n'est pas de démontrer des théorèmes (il y en a, mais tout ne tourne pas autour d'eux), mais de trouver des structures esthétiques. Les mathématiciens affirment être attachés à la beauté des démonstrations, des théories et des objets qu'ils manipulent, mais leurs visions ne sont pas celles de l'art fractal.

La communauté de l'art fractal communique par des réseaux sociaux et des forums (www.fractalforums.com/), plus que par des articles scientifiques. De tels articles sont tout de même présents dans les revues et les conférences d'infographie, mais ils traitent principalement des méthodes générales de représentation. Les échanges se font principalement par la publication d'images et de films sur des sites internet tels que *DeviantArt* (www.deviantart.com/) ou *Flickr*.

Assez peu d'argent tourne autour de tout cela ; pratiquement tout est fait pour le plaisir et l'échange social, et il n'y a guère de postes académiques liés, le travail fait ne s'insérant pas dans les disciplines traditionnelles.

Il n'y a pas qu'une seule façon de faire des mathématiques, qui serait la méthode définition-théorème-démonstration. Explorer l'univers des formules à la recherche de celles qui produisent des effets extraordinaires, ou un important rapport entre complexité apparente et complexité des formules en est une autre. Répertoire des méthodes, comprendre pourquoi elles

L'AUTEUR



J.-P. DELAHAYE est professeur émérite à l'Université de Lille et chercheur

au Centre de recherche en informatique, signal et automatique de Lille (CRISTAL).

BIBLIOGRAPHIE

J. Brunet, *L'art fractal. Aux frontières de l'imaginaire*, Pole, 2014.

M. Hvidtfeldt, *blog Syntopia* (donne de précieuses informations techniques), 2014, <http://blog.hvidtfeldts.net/>

J. Leys, articles sur le site *Images des Maths*, 2010 : *Un ballon de foot fractal*, <http://images.math.cnrs.fr/Un-ballon-de-foot-fractal.html> *Mandelbox*, <http://images.math.cnrs.fr/Mandelbox.html> *Mandelbulb*, <http://images.math.cnrs.fr/Mandelbulb.html>

C. Pöppe, *Du relief pour les fractales, Pour la Science* n° 395, septembre 2010.

B. Mandelbrot, *Fractals and an art for the sake of science*, *Leonardo*, supplemental issue, pp. 21-24, 1989.



TRANTOR DESERT est le titre de cette autre œuvre de Jérémie Brunet. Trantor désigne la planète capitale de l'Empire galactique, dans les romans d'Isaac Asimov (*Cycle de l'Empire* et *Cycle de Fondation*).

fonctionnent, comment elles se combinent est une activité de nature mathématique.

La répugnance des mathématiciens à sortir du schéma axiomatique a déjà eu comme conséquence que les probabilités (domaine où la modélisation est importante et n'est pas une activité de type définition-théorème-démonstration) et la logique mathématique (où les aspects philosophiques des problèmes organisent une part importante du travail) n'ont été acceptées que tardivement.

Vers la reconnaissance ?

Il est peu probable que la communauté mathématique soit prête à englober l'activité d'élaboration de méthodes nouvelles pour étendre le domaine des fractales et en maîtriser mieux la production et l'exploration. Mais gageons qu'à long terme, il est inévitable que cette reconnaissance se produise.

Le travail de pionnier de Benoît Mandelbrot sur les fractales a lui aussi été hors norme et hors circuit. Se moquant un peu des usages et de la frontière des disciplines, il a été un moteur essentiel au développement d'une multitude de travaux utilisant l'idée des fractales. Ces travaux ont touché les mathématiques, la physique, la biologie, l'astrophysique, l'économie et l'art. Aujourd'hui, des dizaines de livres et des milliers d'articles ont été écrits sur les fractales, qui sont un sujet transversal concernant toutes les sciences et bien au-delà. Leur existence, comme l'émergence d'un authentique art fractal, perturbe nos certitudes sur les frontières entre la science et l'art. ■



Retrouvez la rubrique
Logique & calcul sur
www.pourlascience.fr