

Extinction fulgurante

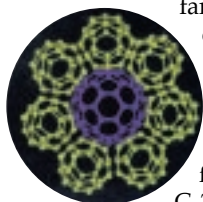
Il y a 252 millions d'années, à la fin du Permien, 85 pour cent des espèces océaniques et 70 pour cent des vertébrés terrestres ont disparu. L'extermination a été rapide : elle n'a duré qu'un million d'années. Pour établir cette durée, Douglas Erwin du Musée américain d'histoire naturelle, a daté le zircon créé dans les roches volcaniques appartenant aux niveaux de la fin du Permien où les espèces disparaissent. Le zircon incorpore de l'uranium lors de sa formation, et le dosage des produits de désintégration indique l'âge du minéral. Ces mesures intéressent les paléontologues qui s'interrogent sur les possibilités d'évolution des animaux lors de ces crises, possibilités réduites si la cause de l'extinction est brève (type chute de météorite), réelles si la cause est plus étalée dans le temps (type éruption volcanique).

Oasis des glaces

Des organismes vivants ont été découverts dans la couverture de trois à six mètres de glace de lacs de l'Antarctique, dans l'un des déserts les plus froids et les plus secs sur Terre. Du sable et des graviers, colonisés par des communautés microbiennes, sont apportés par le vent et piégés dans des fissures de la glace. Au plus chaud de l'été, la partie supérieure de la glace fond, et ces agrégats denses de sédiments et de bactéries s'enfoncent jusqu'à la couche solide. Quand la surface gèle à nouveau, ces agrégats sont pris dans la glace, mais les sédiments sombres absorbent l'énergie solaire et fondent la glace environnante, formant des poches d'eau où survivent les communautés microbiennes pendant plusieurs mois.

C 36, fullerène prometteur

La molécule C 36 (en vert) vient d'être synthétisée et isolée par des chercheurs américains : c'est la petite dernière de la famille des fullerènes, ces molécules en forme de cages composées uniquement d'atomes de carbone. Depuis sa découverte, en 1990, on a beaucoup étudié C 60 (en violet), en forme de ballon de football. C 36 est plus réactif que son grand frère, et s'associe plus facilement avec d'autres atomes. On pense ainsi que C 36, dopé par du rubidium, devient supraconducteur à température plus élevée que C 60 (-242 °C).



Le jeu des quatre coins

La solution existait ; elle est maintenant construite.

Aux yeux du public et de quelques scientifiques, les mathématiques sont dépréciées par l'artificialité des problèmes posés. Pourtant, il est à peu près certain que les problèmes d'apparence futile auront dans le futur des applications pratiques. Toujours est-il qu'aujourd'hui, les mathématiques ludiques sont une branche des mathématiques appliquées.

Le problème des quatre coins est de ce type : comment remplir un quadrillage 10×10 avec trois couleurs (rouge, blanc et vert), de manière qu'aucun rectangle (quelle que soit sa taille) n'ait quatre coins de la même couleur. Nous baptiserons RCP ces quadrillages. M. Beresin, E. Levine et J. Winn ont montré, en 1989, que de tels quadrillages existent, mais sans donner de méthode pour en construire. Jerome Lewis nous en propose une.

Tout d'abord, remarque-t-il, la probabilité d'avoir des rectangles aux coins de la même couleur augmente avec le nombre de cases de cette couleur, aussi pense-t-il raisonnable d'utiliser, autant que possible, le même nombre de cases de chaque couleur et postule aussi que les chances de réussite seront maximales avec au moins 3 cases de chaque couleur dans chaque rangée et colonne.

Le remplissage s'effectue colonne par colonne, chacune ayant ses cases numérotées de 1 à 10. La première étape consiste à mettre trois cases rouges dans la première colonne. Pour cela on établit la liste des 120 combinaisons de trois chiffres ordonnés parmi 10 : 1-2-3, 1-2-4, 1-2-5, 1-2-6, ..., 7-8-9, 7-8-10, 7-9-10 et 8-9-10 ; on choisit un de ces tri-

plets, qui détermine la place des cases rouges de la première colonne. Tous les triplets des autres colonnes qui donnent un rectangle avec deux coins rouges, c'est-à-dire qui ont au moins deux chiffres en commun avec un autre triplet, sont mis à l'écart. Pour la colonne suivante, un second triplet est choisi parmi les triplets autorisés, et ainsi de suite jusqu'à la colonne 10. Les 4 cases rouges manquantes sont ensuite placées par essais et erreurs.

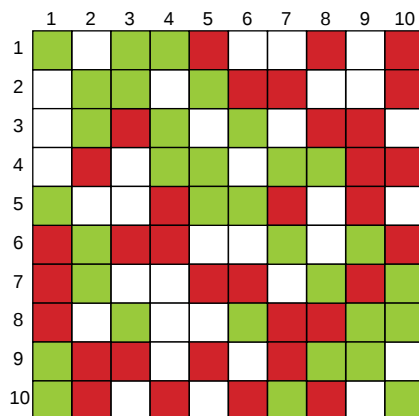
La deuxième étape permet de placer les cases blanches et donc les cases vertes. Pour cela, J. Lewis construit une matrice à 120 lignes et 10 colonnes. Chaque ligne correspond à un des triplets possibles, chaque colonne de la matrice correspond à la colonne de même rang du quadrillage. On place un 0 dans les cases correspondant à un triplet de cases blanches compatible avec l'emplacement des cases rouges (c'est-à-dire sans chiffre commun). Le placement des cases blanches de la première colonne est donné par le premier zéro de cette colonne rencontré ; chaque triplet incompatible des 9 autres colonnes est alors écarté (deux chiffres en commun) et marqué par un «1». Passons à la colonne 2 et recherchons, dans la matrice, le premier zéro pour la place des cases blanches, mais n'oublions pas de vérifier qu'aucun rectangle aux coins verts n'a été créé ; en ce cas, il nous faut opter pour un autre zéro. Marquons maintenant dans les colonnes 3 à 10, les triplets incompatibles avec cette deuxième colonne par un «2» et réitérons la procédure pour les autres colonnes.

En cas d'impasse, c'est-à-dire plus aucun zéro dans une colonne matrice, il est nécessaire de remonter jusqu'au zéro pris en compte dans la colonne précédente, et tenter le suivant, jusqu'à pouvoir remplir la colonne 10. La démarche par essais et erreurs s'apparente à celle employée dans un labyrinthe : si vous débouchez dans un cul-de-sac, vous revenez à la dernière bifurcation et tentez une autre voie jusqu'à trouver la sortie.

Un ordinateur moyen mettra une dizaine de minutes pour produire cette figure. Contrairement à ce qui était attendu, on obtient un quadrillage à 34, 34 et 32 cases respectivement rouges, blanches et vertes et non un 34, 33 et 33. Ces derniers sont-ils inexistant, seulement rares, ou bien cette méthode ne permet-elle pas de les obtenir ? Il est impossible de répondre à l'heure actuelle.

Remarquons enfin qu'à partir d'un quadrillage-RCP, on peut, par permutation de colonnes, de rangées, par rotation et réflexion, en obtenir de multiples. L'ensemble de ces quadrillages obtenus à partir d'un peut constituer une classe. Combien existe-t-il de classes ? Mystère.

Loïc MANGIN



Quadrillage-RCP avec 34 cases rouges, 34 cases blanches, et 32 cases vertes.

Foies fractals

La géométrie fractale vient à la rescousse de l'imagerie médicale.

Pour visualiser l'intérieur d'un foie avant de l'opérer, des chercheurs ont mis au point des algorithmes de reconstruction de la structure des vaisseaux sanguins hépatiques, qui complètent les données des scanners. Ces algorithmes sont fondés sur la structure fractale de la vascularisation du foie.

En effet, le foie est irrigué par des vaisseaux sanguins qui, à la manière d'un chêne ou d'un réseau fluvial, présentent une structure en arbre : les ramifications, de plus en plus petites et nombreuses, se répètent à l'identique d'une génération à l'autre (cette propriété est nommée l'auto-similarité). Grâce à cette structure dite fractale, les arborescences de feuilles, de fleuves ou de vaisseaux sanguins s'approchent très près de n'importe quel point d'un grand volume, sans remplir complètement celui-ci.

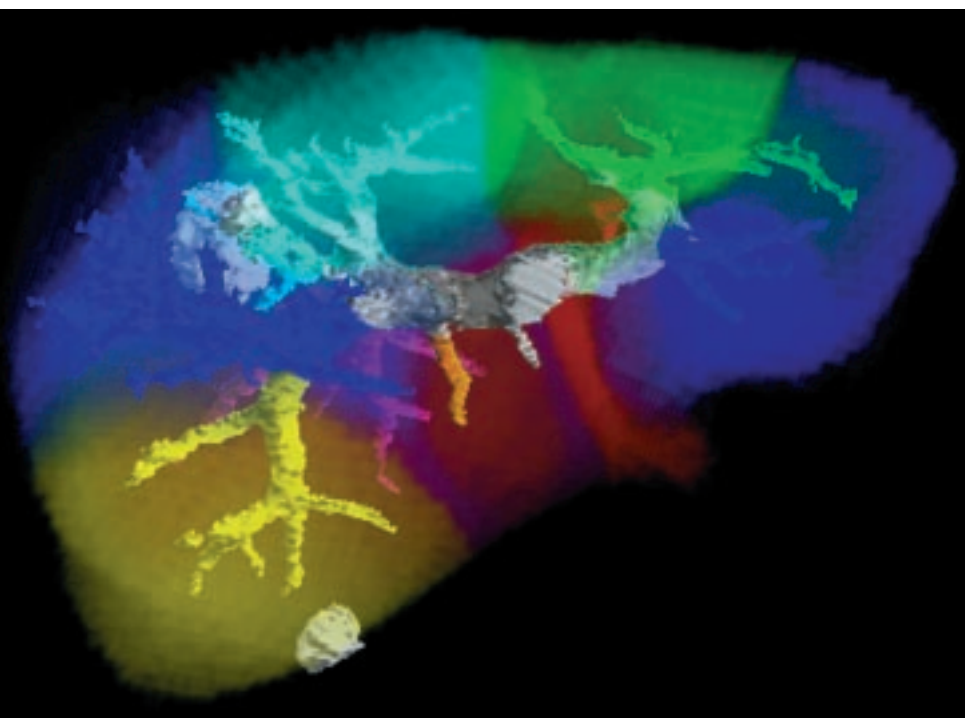
Un chirurgien, qui ôte une tumeur, sectionne certaines branches de l'arbre :

les ramifications en aval ne sont alors plus alimentées et n'irriguent plus les tissus alentour. Ainsi, si on ne retire pas entièrement ces tissus, ils meurent après l'opération et handicapent le patient. On ne doit cependant pas couper plus que nécessaire.

Si le chirurgien savait quels vaisseaux irriguent la tumeur, il pourrait visualiser les segments irrigués par ces vaisseaux en injectant un colorant dans ceux-ci ; mais il ne peut déterminer directement les vaisseaux concernés, car les parties du foie correspondant aux différentes branches sont trop enchevêtrées. Il faut donc faire cette détermination avant l'opération, pour chaque patient (car la structure des vaisseaux diffère énormément d'un individu à l'autre).

Pour visualiser en trois dimensions l'intérieur d'une partie du corps, les médecins disposent de la tomographie informatisée (utilisation de scanners). Malheureusement, pour le foie, cette technique ne fournit qu'une information partielle, car la résolution des images ne permet de voir que les plus gros vaisseaux, jusqu'à la troisième «génération» de ramifications environ.

On connaît ainsi la souche et les plus grosses branches : comment compléter l'arbre ? Si on savait selon quels principes l'arbre des vaisseaux du foie



Subdivision d'un foie en segments. Les branches issues de la veine porte, localisées par tomographie informatisée, sont matérialisées par des teintes opaques. Chaque segment est représenté en transparence, dans la couleur de la branche qui l'irrigue. Deux petites tumeurs sont visibles (au bord inférieur du segment jaune, ainsi qu'à la limite entre les segments bleu et turquoise), dont la position et l'extension ont été déterminées à l'aide d'un autre procédé de segmentation.

**CENTRE NATIONAL
DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE (CNRS)**

**INSTITUT NATIONAL
DES SCIENCES APPLIQUEES
DE TOULOUSE (INSA)**

**UNIVERSITE PAUL SABATIER
DE TOULOUSE (UPS)**

**APPEL
A CANDIDATURES**

**DIRECTEUR
DU SERVICE NATIONAL
DES CHAMPS MAGNETIQUES
PULSES**

Niveau : Directeur de recherche
1ère classe

Localisation : TOULOUSE

Début du contrat :

Fin 1999-Début 2000

Le Service National des Champs Magnétiques Pulsés, situé à Toulouse, est un des centres d'excellence de recherche en physique sur les champs magnétiques intenses. Une très grande installation de 12 MJ à la pointe technique sur les champs magnétiques intenses pulsés sera opérationnelle d'ici fin 1998.

Le Directeur est responsable du programme scientifique et du développement technique du Service.

Les candidats devront être spécialistes en physique de la matière condensée expérimentale et avoir au moins 10 ans d'expérience dans la recherche. Ils devront avoir travaillé dans le domaine des champs magnétiques intenses. Une expérience de direction et des connaissances d'ingénierie électrique seraient appréciées.

Informations : Direction du département Sciences Physiques et Mathématiques (CNRS)

Par e-mail : spm-direction@cnrs-dir.fr

ou téléphone : 01.44.96.42.50

Candidatures par courrier en joignant deux exemplaires du CV à :

CNRS

Département des Sciences Physiques et Mathématiques
3, rue Michel-Ange
75794 Paris cedex 16



FESTIVAL INTERNATIONAL DU CIEL ET DE L'ESPACE

Le 8^{ème} Festival international du ciel et de l'espace de Fleurance, parrainé par Hubert Reeves, se déroulera du 1^{er} au 8 août.

Il propose un arrêt sur les extraordinaires découvertes réalisées ces dernières années sur les planètes. Programmes d'exploration du Système solaire, traces d'eau sur la Lune, soupçon de vie sur Mars, nouvelles planètes autour d'autres étoiles, autant de découvertes qui nous apprennent beaucoup sur notre propre histoire et modifient notre vision de l'Univers.

- Un cycle de conférences sur le thème des planètes et de la vie avec des astrophysiciens et des biologistes.
- Des cours, stages pratiques et ateliers pour découvrir et pratiquer l'astronomie.
- Des animations tous publics (micro-fusées, cadrans solaires, observations, etc.)
- De merveilleuses veillées aux étoiles musicales sous le ciel de Gascogne.
- Des expositions.

Renseignements et réservations :

60 bis, rue Gambetta
32500 Fleurance

Tél. : 05 62 06 62 76

Fax : 05 62 06 24 99

E. mail :

Etoiles.Fleurance@mipnet.fr

croît, au stade de l'embryon et au-delà, on pourrait effectuer des simulations numériques afin de reconstruire, pour chaque patient, le reste de l'arbre. Mais on ne connaît pas ces principes ; aussi utilise-t-on les principes de croissance des fractals.

Heinz-Otto Peitgen et ses collègues, du Centre de diagnostic médical et d'imagerie de l'Université de Brême, font l'hypothèse que la structure en arbre des vaisseaux du foie, depuis la souche de cet arbre jusqu'à la périphérie du foie, est semblable à celle d'une décharge électrique entre une électrode centrale et une électrode périphérique entourant un isolant. L'équipe de Brême a effectué des simulations numériques utilisant l'équation mathématique correspondante, une équation différentielle de Laplace. Celle-ci décrit la diffusion d'un grand nombre de particules dans un milieu hétérogène, sous l'effet d'un champ : individuellement, les particules se déplacent au hasard jusqu'à ce qu'elles rencontrent la souche ou l'une des branches déjà construites, puis y restent collées.

Ce processus, nommé agrégation limitée par diffusion (en anglais *diffu-*

sion-limited aggregation, ou DLA), est l'un des mécanismes de croissance fractale les plus fréquents dans la nature inanimée : cristaux de glace, décharges électriques, électrolyse, etc.

L'analogie entre ce type de croissance fractale et la croissance des vaisseaux sanguins hépatiques est pour l'instant purement spéculative. L'équipe de Brême a néanmoins réussi, grâce aux simulations fondées sur cette analogie, à localiser très précisément les différents segments de foies humains destinés aux expériences. La mise en œuvre clinique du procédé a démarré. Déjà, des chirurgiens de l'Université de Hanovre utilisent l'algorithme de reconstruction pour connaître, avant une opération du foie, la position des vaisseaux irriguant la tumeur.

Peut-on en conclure, inversement, que l'agrégation limitée par diffusion soit un principe fondamental de la croissance des vaisseaux sanguins ? Il semble que non : le groupe de H. Peitgen a essayé également un procédé mathématique plus simple, qui associe à chaque point du foie la branche la plus proche, et les résultats sont aussi bons.

Christoph POPPE

Sursauts lointains

Nouveaux sursauts, nouvelles hypothèses.

A chaque nouvelle observation astronomique à la une des journaux, les médias clament la remise en cause des théories existantes. Le domaine des sursauts gamma est l'un des rares où cette prétention est justifiée. En 1991, la théorie selon laquelle ces brefs éclairs de rayonnements gamma proviennent du disque de notre Galaxie s'est effondrée : l'instrument *BATSE*, à bord de l'*Observatoire Compton* a montré que les sursauts se répartissaient uniformément sur la voûte céleste, et non le long du plan galactique.

Une autre hypothèse, selon laquelle les sursauts se produisent dans un halo sphérique entourant notre Galaxie, a été balayée en 1997, lorsque la première mesure de distance d'un sursaut le plaça beaucoup trop loin. Bien que les astronomes s'entendent aujourd'hui pour dire que les sursauts sont des sortes d'explosions géantes qui émanent de galaxies lointaines, leur origine demeure l'un des grands mystères de l'astronomie.

Les astronomes ont mesuré récemment la distance de deux nouveaux sur-

sauts. Le premier, enregistré le 14 décembre 1997 par le satellite italien *Beppo-Sax*, émane d'une galaxie distante de 12 milliards d'années-lumière. La luminosité enregistrée était si grande que, situé à une telle distance, ce sursaut est l'événement cosmique le plus énergétique jamais observé depuis le Big Bang.

Alors que les astronomes s'accordaient sur la distance et la luminosité incroyables de ce sursaut, le satellite *Beppo-Sax* enregistra le 25 avril 1998, un sursaut 100 fois plus proche et 100 000 fois moins brillant que le sursaut de décembre. Pour ajouter à la confusion, ce dernier fut suivi, non par l'émission rémanente habituelle, mais par une supernova. C'était la première fois qu'un sursaut gamma et une supernova étaient associés. Là encore, il ne s'agissait pas d'une supernova ordinaire : sa luminosité a diminué plus lentement que celles des supernovae aux caractéristiques spectrales identiques, et elle a émis plus d'énergie dans le domaine radio que toutes les supernovae connues.

Dans une supernova, l'énergie provient de l'explosion thermonucléaire d'une petite étoile, nommée naine blanche, ou de l'implosion d'une étoile massive. Toutefois, ces événements n'engendrent pas de sursauts gamma, car les couches externes de la supernova en expansion bloquent les éventuels rayons gamma émis