

Cristaux de pentagones

Des ordres impossibles apparaissent dans des empilements de pentagones et de polygones.

L'étude des milieux granulaires, dont le tas de sable est l'archétype, progresse depuis une dizaine d'années : à l'aide d'expériences, de calculs théoriques et de simulations par ordinateur, on explore les empilements de ces milieux complexes. Pour en simplifier l'étude, on considère des empilements modèles, composés de particules de forme simple, par exemple sphérique, mais, même ainsi, des questions élémentaires restent ouvertes : on ignore, par exemple, quel est l'empilement de sphères dont la compacité est maximale. Aussi simplifie-t-on parfois davantage, en considérant des ensembles de disques à deux dimensions seulement.

De tels ensembles ne sont pas de très bons modèles de milieux granulaires réels, car les contacts entre disques sont quasi ponctuels, et la moindre sollicitation peut les détruire et amener des réarrangements locaux. En outre, les disques de même rayon permettent de réaliser simultanément la compacité locale maximale, et un ordre à longue distance, avec les centres aux nœuds d'un réseau triangulaire.

Afin d'éviter de telles particularités, nous avons choisi d'étudier des ensembles bidimensionnels de grains pentagonaux réguliers, tous de même taille. Dans un contact entre deux pentagones, peuvent intervenir soit un côté

de l'un et un sommet de l'autre, soit un côté de chaque pentagone, soit un sommet de chaque pentagone. Ce dernier type de contact n'a aucune stabilité, de sorte qu'il ne se produit qu'exceptionnellement dans un empilement désordonné. Les contacts côté-côté sont, au contraire, très stables. Enfin la symétrie d'ordre cinq des grains semblait devoir s'opposer à la création d'un ordre à longue distance, car les pentagones ne pavent pas le plan. Pourtant l'expérience conduit à une structure cristalline qui présente une quasi-symétrie d'ordre six !

L'assemblée que nous utilisons est constituée de 2 200 pentagones de sty-rène de six millimètres de côté et de un millimètre d'épaisseur, déposés sur une table soufflante, alimentée par deux moteurs. Les fluctuations locales de la vitesse d'éjection de l'air provoquent un mouvement incessant des grains. La table étant horizontale, les pentagones se répartissent de façon homogène, sur toute la surface, formant initialement un empilement peu dense, de compacité voisine de 0,7.

Puis nous réduisons lentement le débit d'air : la table s'infléchit en son centre en raison de la diminution de la pression de l'air, et les particules s'accumulent lentement au centre. La compacité augmente, mais, en raison de la répulsion hydrodynamique due à l'évacuation de

l'air entre les particules, celles-ci restent éloignées les unes des autres, sans contact. Cette répulsion gomme l'influence de la forme des particules, qui se comportent alors comme des disques.

Quand nous réduisons davantage le débit d'air, des zones ordonnées d'ordre six apparaissent, séparées par des lignes de dislocation ou par des zones amorphes, sans ordre. À ce stade, seuls les centres des particules sont localement ordonnés.

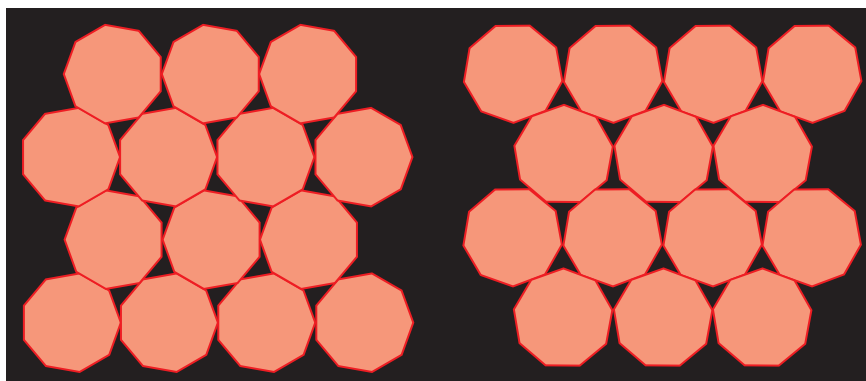
L'APPARITION DES ZONES CRISTALLINES

Enfin, quand nous réduisons encore le débit d'air, un ordre d'orientation, favorisé par l'agitation modérée des particules se superpose à l'ordre de position des centres, et des zones cristallines croissent par nucléation à l'intérieur des zones ordonnées de symétrie hexagonale. Dans les zones cristallines, les pentagones s'orientent selon une direction, mais ils se disposent selon la direction opposée sur la ligne adjacente. Chaque pentagone présente deux voisinages côté-sommet selon la direction d'alignement, et quatre voisinages côté-côté dans les lignes voisines.

Avec des polygones réguliers de même taille et dont le nombre de côté est supérieur ou égal à cinq, les mathématiciens savent construire toute une famille de structures cristallines caractérisées par une orientation alternée des grains, sur les lignes consécutives. Ces structures sont nommées empilements en double réseau. Pour des polygones à nombre pair de côté, la structure la plus compacte est la plus compacte possible. Il en est probablement de même pour les pentagones, dont l'arrangement est alors celui du cristal que nous avons obtenu dans nos expériences, et aussi pour les heptagones.

Par simulation du problème sur ordinateur, à l'aide de méthodes de «recuit simulé», où l'on réduit progressivement l'énergie du système, comme nous l'avons fait dans nos expériences, nous avons obtenu les mêmes structures compactes. En revanche, avec des ennagones (neuf côtés), nous avons obtenu un mélange de deux structures : la première, de compacité égale à 0,8975, est similaire à celle que l'on obtient avec les pentagones ; dans la seconde, un peu plus dense (compacité égale à 0,8986), quatre contacts côté-côté et deux contacts sommet-sommet sont établis pour chaque grain.

Y. LIMON DUPARCEUR
et J-P. TROADEC,
Université de Rennes I
A. GERVOIS, CEA Saclay



Deux cristaux d'ennagones (polygones à neuf côtés) obtenus par simulation numérique. Celui de droite est un peu plus compact que celui de gauche.

Lézards intransitifs

Trois groupes de mâles alternent dans une population de lézards.

En Californie, une petite créature est bloquée dans un cycle sans fin, sa victoire annonçant sa défaite imminente, et sa défaite lui donnant un avant-goût du triomphe. Cette créature est le lézard *Uta stansburiana*, étudié par B. Sinervo et C. Lively : les mâles de cette espèce sont de trois types distincts qui participent à une sorte de jeu de la pierre, du puits, des ciseaux et de la feuille.

Dans ce jeu, deux personnes ont à choisir entre les quatre articles : la feuille vainc la pierre, qu'elle enveloppe ; la pierre casse les ciseaux ; mais les ciseaux coupent la feuille. Dans la nature, c'est l'accouplement qui fait l'objet du « jeu » : les mâles à gorge orange vainquent les mâles à gorge bleue, les mâles à gorge bleue vainquent les mâles à bandes jaunes, et les mâles à bandes jaunes vainquent les mâles à gorge orange. Ces relations « intransitives » engendrent un cycle de six ans, où les trois types de mâles sont successivement les plus abondants.

Quand les mâles les plus nombreux sont les mâles à gorge bleue, qui possèdent des harems composés de seulement trois femelles et défendent de petits territoires, même un petit nombre de mâles à gorge orange, agressifs, peuvent s'imposer. Ces lézards sont « ultra-dominants », car ils ont des concentrations élevées en testostérone, des harems contenant jusqu'à sept femelles et de grands territoires. Aussi, à la génération suivante, les lézards à gorge orange dominant la population.

Mais alors, quelques lézards à bandes jaunes peuvent s'introduire dans les camps des mâles à gorge orange, en se faisant passer pour des femelles et en copulant avec les vraies femelles sans se faire remarquer. À la génération suivante, les lézards à bandes jaunes deviennent ainsi les plus nombreux, ce qui laisse réapparaître les mâles à gorge bleue, qui reconnaissent les lézards orange travestis et les vainquent : les lézards bleus connaissent bien leurs voisins parce qu'ils ne se préoccupent que de leur petit territoire ; au contraire, les lézards orange ont trop à embrasser pour bien êtreindre. □

Le grand succès de l'édition médico-scientifique de langue française

m/s
médecine science

Les mécanismes cérébraux de la lecture : un modèle en neurologie cognitive
Michel Habib, Fabrice Robichon

Neurobiologie des syndromes autistiques de l'enfant
Gilbert Lelord, Jean-Pierre Molk, Dominique Sauvage, Josiane Herault

Les facteurs génétiques dans l'étiologie de la maladie d'Alzheimer
Dominique Campion, Alexis Brice, Didier Hannequin, Thierry Frebourg, Maria Martinez, Yves Aphi, Françoise Clerget-Darmon

Pathogénie cellulaire et moléculaire du cancer du col
Jacques Morasongo

Les polyamines présentent-elles actuellement un intérêt dans le traitement du cancer
Nikolaus Selzer, Jacques-Philippe Moulins

Gènes impliqués dans la dissémination métastatique et la réponse à la chimiothérapie du neuroblastome
Jean Bénard, Olivier Hartmann, Marie-Josée Terrier-Lacombe, Chantal Sayle, Jean Lemerle, Guy Riou

Les mécanismes de réparation de l'ADN : des cibles potentielles en pharmacologie du cancer
Moulay Aliou-Jamali, Serdar Mittra

HYPOTHÈSE

Les maladies à prions : l'hypothèse de la "protéine seule" et ses conséquences dynamiques
Michel Laurent

MINI-SYNTÈSES

Histoires d'aquaporines : des canaux qui font couler beaucoup d'eau
Evelyn Benoit, Pierre-François Méry, F. Tournet, Fabien Tell

Dysmorphie et gènes du développement
Didier Lacombe

Réparation, cancer et sénescence : le gène du syndrome de Werner
Joël Kahn

Mécanismes moléculaires du fonctionnement et de la remise à l'heure de l'horloge biologique
Jean-Louis Couderc

NOUVELLES BRÈVES

ÉDITORIAL

Daniel Widjocher

HISTOIRE DE LA MÉDECINE ET DES SCIENCES

L'invention de la médecine de la douleur
Isabelle Bessonnet

Sommaire juin-juillet 1996

John Libbey EUROTEXT

■ Logotype Cost total

BULLETIN D'ABONNEMENT ANNUEL

10 numéros

☐ Je souhaite recevoir le numéro de juin 1996 au prix de 120 FF

☐ Je souhaite m'abonner à **m/s** au tarif indiqué ci-dessous

☐ Particuliers
500 FF

☐ Institutions
1 200 FF

☐ Étudiants*
295 FF

m/s
médecine science

* Photocopie R21V* de la carte d'étudiant exigée.

Nom :

Adresse complète :

Paiement

☐ par chèque à l'ordre de John Libbey Eurotext

☐ par carte bancaire :

☐ Visa ☐ Eurocard/Mastercard ☐ American Express

Carte N° : []

Date d'expiration : [] [] [] [] [] [] Signature :

