

■ POUR LA

SCIENCE

Décembre 1997

édition française de
**SCIENTIFIC
AMERICAN**

Les faux souvenirs

Le laser Mégajoules

Les concours mandarinaux

Les sables qui chantent

Les plus grands séismes

La vie chez les Aztèques

Les télescopes gravitationnels

Mercuré,
planète oubliée



2687-242-38,00 F

La musique des sables

FRANCO NORI • PAUL SHOLTZ • MICHAEL BRETZ

Pourquoi certains sables crissent, tandis que d'autres mugissent.

Depuis des millénaires, les Bédouins traversant les déserts redoutent les démons et les fantômes dont ils croient entendre les cris. Marco Polo, également, a cru que des esprits mauvais des déserts emplissaient l'air de musiques de toutes sortes, de roulements de tambour et de claquements de mains. Les explications modernes de la musique des sables sont plus rationnelles : ces sons proviendraient d'effondrements des dunes.

Une trentaine de dunes musicales ont été identifiées dans les déserts et sur les plages d'Afrique, d'Asie, d'Amérique du Nord et d'ailleurs. Selon les cas, ces dunes émettent des sons de cloches, de trompettes, d'orgue, de cornes de brume, de canon, d'avion volant à basse altitude, des sifflements de fils télégraphiques dans le vent ou, encore, des gémissements. Comment naissent ces sons ?

Certains géologues ont cherché l'origine de la diversité des sons dans les différences de taille et de forme des grains ; d'autres ont évoqué des mécanismes d'interactions différents, mais les études ont été peu systématiques, et aucune théorie n'expliquait correctement la production de ces sons. Nos travaux ne résolvent pas complètement le problème, mais ils posent les bases d'une élucidation longtemps cherchée.

Sons et musiques

Certains sons produits par les sables n'ont rien d'énigmatique : quand on marche sur une plage, le sable crisse sous les pieds. Ce type de comportements s'observe sur toutes les plages : au bord des mers, des lacs ou des rivières du monde entier. En revanche, les sables mugissants ne se font presque exclusivement entendre qu'aux confins des déserts ou loin des rivages : ce sont eux qui ont étonné Marco Polo ou Charles Darwin.

Ceux qui les ont entendus les comparent aux sons d'instruments de musique. Parfois, ils sont émis à intervalles réguliers, tels des roulements de tambours ou de tambourins. Dans d'autres cas, ils ressemblent plus à des sons de trompettes ou de cloches. Des tonalités aussi cristallines ne se produisent que lorsque de petites quantités de sable se mettent en mouvement sous l'action d'une force qui ne crée qu'une seule fréquence. Dans le Nevada, en 1994, nous avons observé qu'une petite avalanche de sable émettait des sons similaires aux bourdonnements lents d'instruments utilisés par les aborigènes australiens.

La musique du désert

En crissant, les sables produisent des sons à des fréquences comprises entre 500 et 2 500 hertz durant moins d'un quart de seconde. Le son est composé d'un fondamental et de quatre ou cinq harmoniques. Les dunes mugissantes, d'autre part, produisent souvent des sons plus sourds, de fréquence inférieure, comprise entre 50 et 300 hertz ; ils durent généralement moins de quelques secondes, mais les plus grosses dunes émettent parfois pendant 15 minutes. Ces sons sont rarement purs : ils contiennent de nombreuses fréquences proches, mais aucun harmonique d'une fréquence fondamentale n'a jamais été observée.

Ces différences importantes ont fait conclure que les mécanismes d'émission des divers sons devaient être différents. Pourtant Peter Haff, de l'Université Duke, a fait crisser du sable de dunes mugissantes, prouvant qu'il existe un lien entre les deux phénomènes. Dans tous les cas, les sons résultent du déplacement des grains. Pour les crissements, la pression sur les grains supérieurs oblige les sables à se tasser et à se déplacer vers l'extérieur, sous les pieds. Dans

le cas des dunes mugissantes, les déplacements se produisent pendant des avalanches. On doit donc élucider le mécanisme des avalanches pour comprendre la composition spectrale des mugissements émis.

Pour qu'une avalanche se produise, le vent doit avoir donné à la dune un angle de talus égal à 35 degrés environ (pour le sable sec du désert). Lorsque cet angle est atteint, le sable du sommet est instable : les grains des couches supérieures glissent sur les grains sous-jacents, tombant dans les espaces libres, rebondissant et poursuivant leur descente. L'émission des sons résulte probablement de ce mouvement d'ensemble. Les plus grosses avalanches, où des pans entiers de sable glissent en bloc, sont les plus bruyantes. Dans certains endroits, lorsque beaucoup de sable glisse, les sons sont perçus jusqu'à dix kilomètres.

Les mystères qui entourent ces vibrations sont nombreux. Tout d'abord, on comprend mal la richesse de leur composition harmonique, c'est-à-dire la raison du grand nombre des fréquences simultanément émises. Au cours des années 1970, David Criswell et ses collègues de l'Université de Houston ont trouvé que chacune des fréquences semble correspondre à un temps de descente et de rebond propre.

La gamme de fréquences émises dépend de nombreux facteurs. Les émissions sonores des Montagnes de sables du Nevada sont à des fréquences comprises entre 50 et 80 hertz, alors que celles de Korizo, en Libye, s'échelonnent de 50 à 100 hertz, et celles du désert du Kalahari, en Afrique du Sud, de 130 à 300 hertz. De telles émissions, probablement

1. LES DUNES DE NAMIB, en Afrique du Sud, produisent des sons qui s'entendent à des kilomètres quand se forment des avalanches.