

## De mystérieux tas de sable...

Le désert, comme la mer fascine. Il est souvent perçu comme un milieu inaccessible et inhabité. Mais pourtant, il recèle lui aussi bien des surprises. Le sable qui le compose est un matériau plus surprenant qu'il n'y paraît... Bien que manipulé par l'homme depuis très longtemps, on ne sait toujours pas le décrire simplement. Par exemple, on ne sait pas prédire l'angle à partir duquel il se met à couler, ni celui à partir duquel il s'arrête et on commence seulement à comprendre comment il « coule ». Petit précis de physique pour comprendre ces mystérieux tas de sable.

### Comment « coule » un grain de sable ?

Si l'on regarde un seul grain de sable, posé sur le reste des grains, celui-ci reste stable dans les trous, mais se met à rouler dès qu'ils disparaissent. En roulant, le grain doit passer successivement au-dessus des autres grains, puis retomber dans les creux. Ce mouvement de « saute-mouton » fait qu'au lieu d'accélérer, le grain de sable descend à vitesse constante. Si l'on considère une avalanche, tous les grains se passent simultanément les uns au-dessus des autres, tout en restant à peu près en contact : cela explique que le sable coule si différemment d'un liquide. C'est parce que les grains restent en contact, et donc que chaque grain reste influencé par les autres grains à grande distance, qu'il est encore aujourd'hui difficile de décrire théoriquement ce mouvement collectif. D'une manière surprenante, le mouvement d'un seul grain permet cependant de s'en faire déjà une bonne approximation. Mais, dans le désert, le sable est le jouet du vent qui en forme de grands tas, les dunes. Celles-ci, en retour, sont capables de détourner le vent. On a donc un système de couplage et de rétroaction dont on ne sait pas a priori déterminer vers quoi il converge : la forme de la dune. Cependant, on commence à comprendre le cas de la forme la plus simple, celle de la « barchane », dune isolée en forme de croissant, les pointes vers l'avant, qui se forme avec peu de sable dans les régions de vents constants (comme les Alizés).

Le sable est transporté de l'arrière de la dune vers son sommet où il forme une congère<sup>1</sup> qui finit par s'écrouler en faisant des avalanches. Or, le vent peut transporter une quantité limitée de sable. Il faut donc beaucoup plus de temps pour déplacer une grande dune qu'une petite. Autrement dit, la vitesse d'une dune est inversement proportionnelle à sa taille. Si l'on considère des tranches de dunes, les bords, plus fins, vont forcément plus vite que le centre, plus épais et il se forme donc naturellement des cornes qui partent vers l'avant. Cependant, au lieu de s'étirer indéfiniment, on constate que les barchanes conservent leur forme ramassée. Ceci s'explique par le fait que le sable, entraîné par le vent, suit aussi la pente, du centre épais vers les bords fins des cornes. Ce faisant, ce sable réduit l'érosion des cornes par le vent, et donc réduit leur vitesse. Il se forme ainsi un équilibre où la forme de la dune elle-même s'auto-équilibre en répartissant les flux de sable selon la forme elle-

---

<sup>1</sup> Dépôt créé par le vent.



même. Cette manière qu'a la forme de s'auto-réguler est très proche du monde vivant où la forme, bien que très bien définie, n'est pas forcément prédéfinie ni contrôlée extérieurement.

### **Des dunes parfaites ?**

Cependant, sur le terrain, on constate très peu de dunes parfaites. D'après les modèles on devrait avoir des dunes qui, soit grossissent indéfiniment, en accumulant tout le sable qui leur parvient par le dos, soit fondent et disparaissent, en perdant leur sable par les cornes. Or, toutes les dunes ont à peu près la même taille. On cherche maintenant à expliquer ce paradoxe par les variations du vent, avec les tempêtes rares mais violentes, qui perturbent la forme des dunes et les « fait danser » ou bien les interactions entre les dunes, avec échange de sable ou même collisions qui correspond à une sorte d'écosystème de dunes.

Des visites répétées et des suivis rapprochés des dunes sur le terrain, dans le désert rendent parfaitement compte de ce mouvement en laboratoire où l'on peut reproduire les dunes à l'échelle 1/1000<sup>ème</sup> et surtout les voir évoluer rapidement, une journée correspondant facilement à des dizaines, voire des centaines d'années. En observant le mouvement des dunes lui-même, on se rend bien compte de leur danse perpétuelle, et de leur ressemblance avec le mouvement des vagues, ce qui renforce encore l'impression de proximité avec l'océan.

### **Sables musicaux et chant des dunes**

Mais il reste encore bien des phénomènes à observer, comme les dunes plus complexes, ou surprenants, comme les sables musicaux et le chant des dunes. En effet, quand la congère s'écroule en avalanches certaines dunes émettent un son puissant et monotone. On sait maintenant que cela provient justement du mouvement des grains, qui non seulement sont tous semblables, mais en plus se synchronisent pour émettre ce son à l'unisson. Mais comment se synchronisent-ils ? Il reste encore à comprendre les racines de ce phénomène collectif et à comprendre pourquoi ces grains de sables, contrairement aux autres, ont la particularité d'être musicaux, c'est à dire d'émettre des sons dès qu'on les triture de manière adéquate...

### **Contact**

Stéphane DOUADY

T 01 44 32 34 47

douady@lps.ens.fr

En savoir plus : <http://www.lps.ens.fr/~douady/>

