

Le chant des dunes

COMPTE-RENDU DU SÉMINAIRE DU 02/10/07 DE BRUNO ANDREOTTI

« Chant des dunes » est le nom donné à l'émission spontanée d'ondes sonores lors d'une avalanche dans une dune, son similaire à celui d'un didjéridu à une fréquence voisine de 100 Hz. Ce phénomène est observé naturellement, de façon spectaculaire, lors d'avalanches sur des dunes en forme de croissant au Maroc

Il a régulièrement soulevé l'intérêt des scientifiques qui ont cherché à étudier ses causes sous différents angles: Pourquoi précisément les dunes marocaines et pas celle du Pilat? Plusieurs explications ont été avancées: la taille et/ou la forme des grains semblaient jouer un rôle — ainsi les dunes littorales sont-elles formées de grains sphériques de tailles monodisperses, au contraire des dunes marocaines, dont les grains sont anguleux et de tailles variées. De plus, on a récemment établi la présence d'un gel de silice recouvrant les grains des dunes « chantantes », absent des grains des dunes littorales. Ce phénomène n'est pas si rare qu'on le pense: toutes les dunes marocaines chantent mais les plus petites ne le peuvent que quelques jours par an — lorsque les conditions climatiques sont favorables: temps sec, ensoleillé avec peu de vent. Dans ces conditions, le sable sèche et chauffe plus facilement et sur une épaisseur plus importante. Les dunes les plus grandes peuvent ainsi chanter tous les jours car leur taille (40m de hauteur contre 3m environ pour les petites) autorise un effet de « four solaire » (la température du sol atteignant alors 50° C).

A l'aide d'un dispositif constitué d'un capteur de pression mesurant la phase et de deux accéléromètres dont l'un, fixe, est recouvert par l'avalanche et l'autre, mobile, reste en surface, l'équipe de B. Andreotti a pu établir que l'onde sonore émise par un point du sol en aval du front de l'avalanche, débute bien avant le passage de ce dernier. En outre, le fait que l'intensité (entre 100 et 110 dB avant le passage de l'avalanche) mesurée par le capteur fixe chute brutalement lorsque celui-ci est recouvert par le sable au passage du front de l'avalanche, montre que ces ondes sont des ondes de surface.

Le sable étant un milieu profondément non-linéaire — on notera, pour mémoire, que la force s'exerçant entre deux grains écrasés l'un contre l'autre varie en $\delta^{\frac{3}{2}}$, où δ est l'interpénétration des deux grains et non en δ comme pour un ressort — son étude reste une tâche complexe tant sur le plan théorique qu'expérimental — choix de la taille des capteurs, bruit, non-reproductibilité des expériences; ainsi, l'analyse des modes propres d'un tas de sable est-elle difficile: il se peut qu'une zone possède des modes propres

bien différents de ceux d'une autre mais on peut, cependant, identifier quelques modes communs au tas tout entier.

La possibilité d'une propagation guidée, associée à une fréquence de coupure — 70 Hz selon les valeurs expérimentales — dépendant de l'épaisseur de la couche sèche de surface, a été établie. Mais les fréquences sonores enregistrées étant d'environ 100 Hz, le chant des dunes ne peut cependant être dû à un phénomène de résonance dans cette couche. Toutefois, l'existence de cette fréquence de coupure permet d'expliquer que certaines dunes, dont l'épaisseur de la couche sèche est insuffisante, ne chantent pas — la fréquence de coupure étant d'autant plus élevée que la couche est mince; en effet, l'humidité, collant les grains les uns aux autres, gêne — voire empêche — la propagation d'ondes élastiques.

Se pose alors la question de la dépendance de la fréquence à la nature de l'écoulement: dans le cas d'une avalanche spontanée, i.e. provoquée par la gravité, cette fréquence ne dépend que de la taille des grains et varie comme $\sqrt{\frac{g}{d}}$, où g est l'intensité du champ de pesanteur et d le diamètre des grains; dans le cas d'une avalanche provoquée par une poussée, la fréquence augmente avec la vitesse de poussée en amont, on peut aussi créer un effet de vibrato en effectuant une poussée irrégulière.

D'après l'équipe de B. Adreotti, ce sont les chocs entre grains qui dissipent de l'énergie sous forme d'ondes sonores. La cohérence de ces ondes — et donc l'amplitude résultante — est due à la synchronisation des chocs, elle-même causée par les oscillations des couches de sable; par ailleurs, cette amplitude est limitée car un trop grand décollage des grains durant les phases de « saut » entraîne une perte de synchronisation.

Vincent Freulon
Suzanne Lanéry