

Walter N. Mack



× 5

INDIAN KEY, FLORIDE

Tous les coraux et tous les coquillages de cet échantillon ont perdu leur éclat : leur face extérieure est terne, piquée et couverte de calcaire. L'eau de mer chaude, la lumière directe du soleil et les pluies contribuent au transport vers la mer des carbonates contenus dans les végétaux morts et dans les squelettes d'animaux. L'image montre quatre coquilles de gastéropodes fusiformes et une coquille de gastéropode globulaire, ainsi que les restes d'au moins deux coquillages bivalves.

Walter N. Mack



× 6,5

PUNALUU, HAWAII

Le sable des plages noires d'Hawaii est composé d'obsidienne, verre volcanique formé par l'immersion soudaine de magma dans la mer. Le rapide refroidissement a provoqué une vitrification ; puis l'eau et les vagues ont érodé des fragments de ce verre et les ont transformés en sable fin, de couleur noire.

Walter N. Mack



× 30

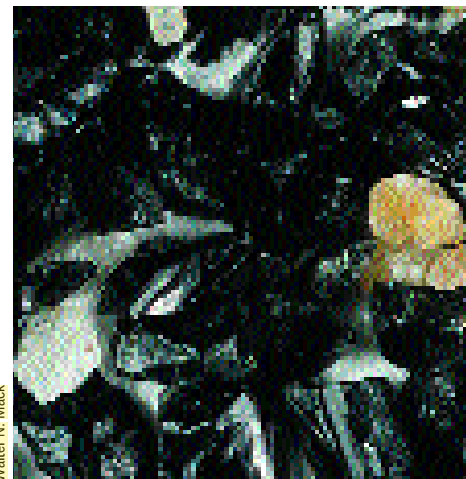
RIVE SUD DU LAC SUPÉRIEUR, MICHIGAN

Sur de nombreuses plages, des bandes noires marquent le niveau maximal des marées. Elles ne sont pas composées de débris organiques ni de sable gorgé de pétrole : elles contiennent des particules de magnétite. Plus lourdes que les grains qui les entourent, ces particules dures et magnétiques restent au bord de l'eau, tandis que les vagues poussent les fragments de quartz, plus légers, plus loin sur la plage (les grains rose et blanc sont du quartz ; les grains rouge foncé, probablement du grenat). Les navigateurs du XII^e siècle plaçaient de la magnétite, qu'ils nommaient «pierre d'aimant», dans un roseau creux ; déposé à la surface d'un récipient plein d'eau, ce roseau s'alignait suivant l'axe Nord-Sud, formant une boussole rudimentaire.

LAC NORTHERN LIGHT, ONTARIO, CANADA

Toutes les plages noires ne sont pas composées d'obsidienne ni de magnétite. Les plages du lac Northern Light sont constituées d'un dépôt de fins cristaux d'hornblende (un silicate). Le lac et sa plage d'hornblende sont des vestiges laissés par le retrait de la calotte glaciaire Nord-américaine à la fin de la dernière glaciation.

Walter N. Mack



Échantillons grandeur nature

Dan Wagner



PLAGE
DE FORT WALTON
Floride



DÉSERT DU SAHARA
Entre Le Caire et Alexandrie



INDIAN KEY
Floride



PUNALUU
Hawaii

HAWKSBILL CAY, EXUMA, BAHAMAS

Certaines des plages blanches les plus photogéniques et les plus étincelantes sont situées le long du golfe du Mexique et dans les îles des Bahamas. Leur sable est composé de particules de calcaire polies, aussi dures que de la porcelaine, appelées oolithes (du grec *ôon*, œuf). Comment ces grains en forme d'œuf se forment-ils ? Les vagues roulent des particules d'argile ou de sable fin sur le fond ondulé. Dans l'eau peu profonde, saturée en carbonates de calcium et de magnésium, ces particules sont recouvertes de couches concentriques de carbonates.

Au microscope électronique à balayage, la coupe partielle d'un grain d'oolithe révèle les couches successives de carbonate de calcium et de magnésium, empilées autour du noyau de la particule (*encore caché ici par des carbonates*).

Walter N. Mack



x 87

x 23



x 18

Walter N. Mack

PLAGE DE SILVER SANDS, GRAND BAHAMA, BAHAMAS

Ce «sable» est constitué presque exclusivement de morceaux de corail provenant des récifs proches. On observe en outre deux spicules en forme de cigare, la coupe transversale d'un ver marin, deux coquilles de gastéropodes et deux grands foraminifères rouges et ronds.

x 6



Walter N. Mack



x 23

SEAFORD, ANGLETERRE

La ville de Seaford est située au Sud de l'Angleterre, sur la Manche, où les courants sont forts et l'eau assez froide. Un échantillon de sable de la plage révèle une vie animale étonnamment nombreuse. Les grains bleu foncé et bruns sont des fragments de coquillages bivalves. Une coquille blanche de gastéropode (*en bas à gauche*) présente deux spires. Trois blocs de grains de sable sont vraiment agglomérés (*à l'extrême gauche, au centre et à l'extrême droite*). Les classiques grains de quartz sont dépolis ; toutefois, l'un d'eux (*à l'extrême droite*) est anguleux et sa surface est lisse, comme s'il avait été ajouté récemment aux grains les plus usés par l'érosion.

Dan Wagner



RIVE SUD
DU LAC SUPÉRIEUR
Michigan



LAC NORTHERN LIGHT
Ontario, Canada



HAWKSBILL CAY
Exuma, Bahamas



PLAGE DE SILVER SANDS
Grand Bahama, Bahamas

Le sable au musée

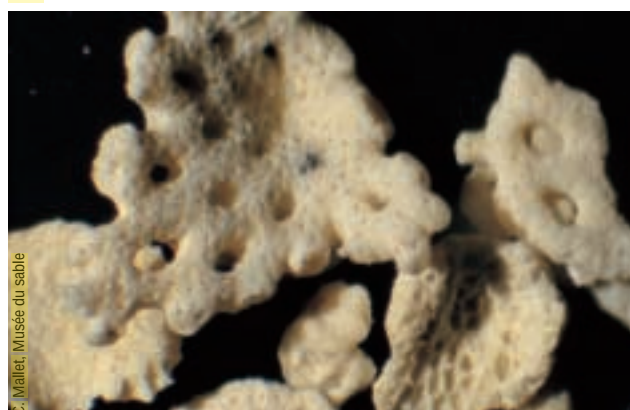
L'étude du sable fait appel à de nombreuses disciplines scientifiques. C'est ce qui a motivé, en 1987, la création d'un Musée du sable, au collège Jean Monnet de Château-d'Olonne, en Vendée. Sa collection, rassemblée au départ par les élèves, puis par un réseau de plus en plus grand de bonnes volontés, est aujourd'hui, avec ses 4 300 échantillons, l'une des premières au monde. Il devrait être bientôt transformé en musée public.

La détermination de la composition d'un échantillon de sable requiert des connaissances en minéralogie et en biologie (s'il contient des restes de coquillages). La géologie, la géographie, la paléontologie et l'hydrologie (pour le transport) sont nécessaires à la reconstitution de son histoire. La compréhension des mouvements du sable, enfin, permet d'aborder la mécanique, en particulier la «physique des tas de sable».

Le projet ne s'intéresse pas seulement au sable «en bouteille». Nous suivons aussi, sur la plage voisine, les mécanismes de dépôt et d'enlèvement naturels du sable. Nous pouvons ainsi rassurer les industriels du tourisme : les dunes resteront encore longtemps!

Jean-Claude DANIEL, Musée du sable

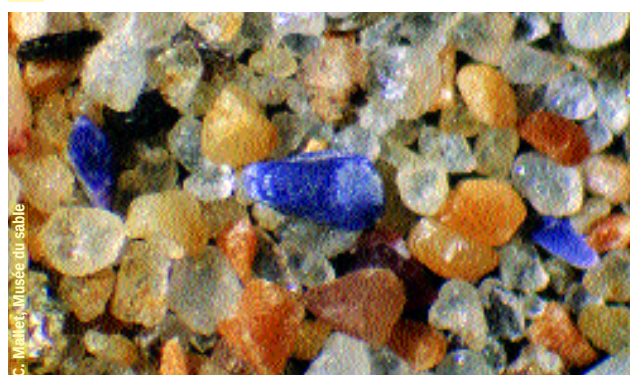
× 16



FALUNS D'ANJOU, MAINE-ET-LOIRE

Les débris coralliens fossiles qui constituent le sable que l'on trouve dans la région d'Angers, à plus d'une centaine de kilomètres de la côte la plus proche, rappellent que ces terres ont été immergées et sous un climat chaud pendant le Miocène, il y a entre 5 et 25 millions d'années.

× 20



SAINT-TROPEZ, VAR

Au large de Saint-Tropez, les récifs abritent de nombreux animaux dont les coquilles sont rejetées sur la plage par les vagues. Un prédateur affamé a percé des trous dans une coquille conique de gastéropode. L'entrée d'autres coquilles est bouchée par des débris profondément enfoncés. La longue coquille courbée et tubulaire appartenait à un mollusque du genre *Caecum*. Cette créature est initialement un minuscule escargot enroulé, qui grandit ensuite dans une seule direction. Au-dessous de lui, on aperçoit la corne blanche, légèrement érodée, d'un *Skeneopsis planorbis*.

× 17



CAVALAIRE-SUR-MER, VAR

Les grenats et les disthènes (silicates d'aluminium noirs) de cet échantillon proviennent de roches métamorphiques, formées en profondeur lors du plissement des Alpes pendant l'ère tertiaire. L'érosion a mis ces roches à nu, puis les a réduites en grains.

× 20

PLAGE DU TANCHET, CHÂTEAU-D'OLONNE, VENDÉE

Le sable de la plage la plus proche du Musée du sable est constitué en majorité de grains de quartz. On y observe aussi quelques débris de coquilles de moules. Les grains de quartz des plages vendéennes proviennent presque tous... du Massif central! L'écoulement les a d'abord transportés jusque dans la Loire, par laquelle ils ont gagné l'Atlantique. Les courants marins côtiers les ont ensuite répartis sur le littoral.

PLAGE DE SEVEN MILE, DONGARA, AUSTRALIE

Au large de la plage de Seven Mile, dans le canal de Geelvink, un plateau continental grouille de vie, avec des espèces typiques de l'océan Indien. On distingue de nombreux coraux et coquillages minuscules. Les éléments les plus originaux sont des «squelettes» d'éponges triaxiales, qui ressemblent à des glaçons, ainsi que des coquillages bivalves et des gastéropodes globulaires et discoïdes immatures.



Walter N. Mack

× 21,5

TAKETOMI SHIMA, ÎLES DE RYUKYU, JAPON

Quelques îles méridionales du Japon ont un sable étoilé, formé de tests de foraminifères, les enveloppes complexes avec de nombreux petits compartiments que fabriquent ces animaux unicellulaires. On classe ces animaux d'après la forme de leur test. L'échantillon montré ici contient essentiellement *Baculogypsina sphaerulata*. On voit aussi une coquille ronde d'*Amphistegina madagascariensis* (en haut à droite) et une coquille de gastéropode en forme de spirale.



Walter N. Mack

× 15



Dan Wagner

TAKETOMI SHIMA
Îles de Ryuku, Japon

Walter MACK a été professeur à l'Université du Michigan. Il collectionne des sables du monde entier. Elizabeth LEISTIKOW travaille pour la Société FSH/Mayo Health Systems.

Raymond SIEVER, *Sand*, Scientific American Library, Freeman, 1988.

Sur Internet, un musée japonais du sable est à l'adresse : <http://www.yo.rim.or.jp/~smiwa/museum/e-museum.html>.

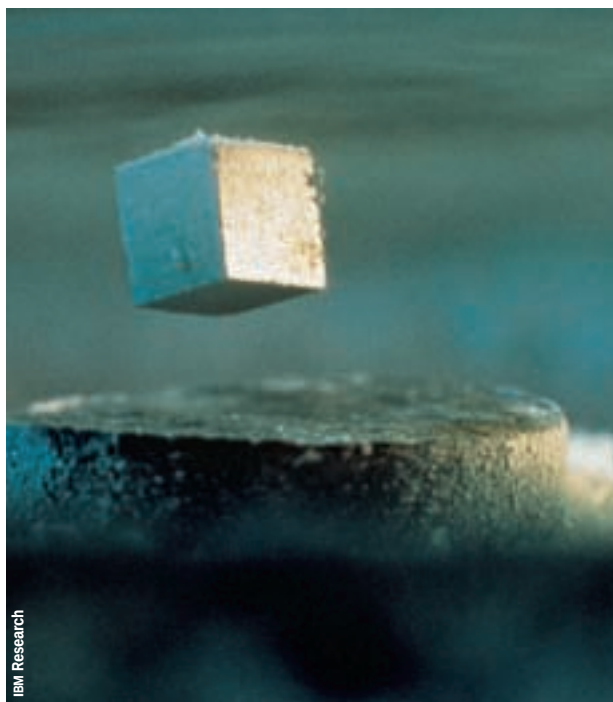
La supraconduction à haute température

JOHN KIRTLEY • CHANG TSUEI

Des expériences qui testent des phénomènes quantiques dans les matériaux conduisent vers une explication de la supraconduction à haute température.

Le 18 mars 1987, dès 19 heures 30, la salle de réception de l'hôtel Hilton de New York est comble. Plus de 2 000 physiciens s'y pressent, entassés jusque dans les couloirs, pour assister à une séance de communications du congrès de la Société américaine de physique. Cette séance, programmée à la va-vite en raison du grand nombre de communications envoyées en dernière minute, se prolonge jusqu'à trois heures du matin, sans que l'attention des participants faiblisse. Ceux-ci parleront ensuite d'un «Woodstock de la physique».

Quelques mois avant, à la fin de 1986, Georg Berdnoz et Alexander Müller, de la Société IBM à Zurich, ont fait sensation en annonçant qu'un oxyde de cuivre, de baryum et de lanthane devient supraconducteur (il perd toute résistance électrique) au-dessous de la température critique de 35 kelvins (-238°C). Quoique basse, cette température est supérieure de plus de dix degrés aux températures critiques les plus élevées des supraconducteurs classiques, métaux ou alliages. Rapidement, des équipes se sont passionnées pour le phénomène ; leurs explorations les ont conduites à des matériaux nouveaux dont les températures critiques sont supérieures à 90 kelvins ; des rumeurs de supraconduction à 130 ou à 240 kelvins se sont même répandues. Cette animation est compréhensible : la décou-



1. LA LÉVITATION D'UN PETIT AIMANT au-dessus d'un supraconducteur à base d'yttrium préfigure peut-être des applications industrielles telles que la lévitation des trains.

verte d'un matériau qui serait supraconducteur à la température ambiante (autour de 300 kelvins) bouleverserait l'électricité et l'électronique.

Dès le mois de mars 1987, des physiciens présentent donc leurs résultats théoriques et expérimentaux sur les nouveaux supraconducteurs. Les utilisations potentielles de ces matériaux ne sont pas leur seule motivation. Certains d'entre eux craignent aussi que ces oxydes de cuivre, nommés cuprates, ne livrent leurs secrets à d'autres collègues ; le prix Nobel de physique a déjà été attribué quatre fois (un record pour un seul sujet) pour des

travaux sur la supraconduction. Ceux qui élaboreraient la théorie de la supraconduction à haute température seraient certainement honorés de cette distinction (quelques mois plus tard, G. Berdnoz et A. Müller reçoivent effectivement le prix Nobel de physique pour leur découverte).

Aujourd'hui, presque dix ans ont passé, mais des milliers de physiciens essaient encore de comprendre pourquoi et comment les cuprates sont supraconducteurs à de si hautes températures. Ces questions restent ouvertes, mais les progrès ont été considérables. Des expériences récentes montrent des différences fondamentales entre les cuprates et les supraconducteurs classiques : leurs résultats contribuent à réduire le nombre de

théories possibles. Elles indiquent en particulier que l'une d'entre elles mérite l'attention des physiciens : la théorie de l'onde de spin, selon laquelle la supraconduction est liée à l'excitation collective des moments magnétiques, ou spins, des atomes.

L'idée que le magnétisme soit à l'origine du phénomène est incompatible avec la théorie classique de la supraconduction à basse température. Cette dernière apparaît lorsque les électrons s'apparient en «paires de Cooper» (d'après Leon Cooper, de l'Université de l'Illinois, qui a introduit ce concept). Contrairement aux