

considérablement ralenties en présence de vapeur, ce qui isole acoustiquement la colonne effervescente du reste de l'océan : l'effet est le même que dans une fibre optique, où les ondes – lumineuses – sont confinées.

Une telle colonne pouvait-elle se comporter comme une cavité résonante, à la manière d'un tuyau d'orgue ? B. Chouet modélisa le comportement de ces ondes sonores en présence de vapeur et il montra qu'elles montent et descendent entre

la surface de l'océan et le volcan à une vitesse fixée. De plus, l'énergie reste concentrée et la fréquence fondamentale demeure constante, quelle que soit l'étendue latérale de la colonne. Ce résonateur à bulles produirait, comme un instrument de musique, des harmoniques, mais celles-ci seraient dissipées sous forme de chaleur. Les prochaines campagnes sismiques de la région confirmeront si, tels des géants sous-marins, certaines structures volcaniques font de la musique.

Des embryons de dinosaures carnivores

Découverte d'une centaine d'œufs de dinosaures.

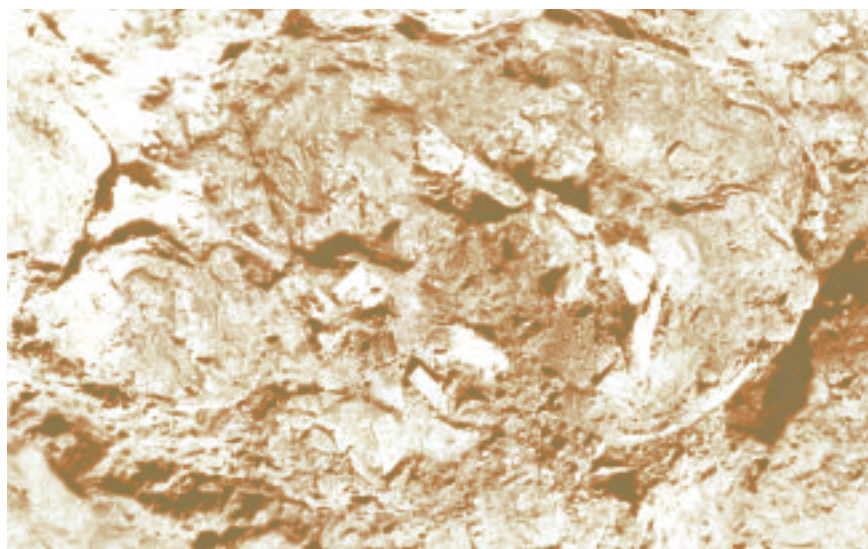
Les paléontologues traquent les œufs de dinosaures depuis plus d'un siècle. Sauf exception, ces œufs ne contiennent pas d'ossements. Pour identifier les pondeuses, on se fonde alors sur une difficile taxinomie des coquilles d'œufs. En revanche, au Portugal, des œufs contenant des os de dinosaures anciens ont permis une identification directe : les os étaient ceux de petits dinosaures carnivores, ou théropodes.

C'est après la découverte de nombreux fragments de coquilles, à Paimogo, en 1993, qu'Isabel et Horatio Mateus entreprirent la fouille d'un niveau sédimentaire datant du Jurassique supérieur (entre 140 et 150 millions d'années). En 1995 et 1996, ces fouilles révélèrent plusieurs pontes qui renfermaient une centaine d'œufs bien conservés, tandis que le lavage du sédiment livrait un grand

nombre de petits os provenant des œufs, mais aussi des restes de vertébrés contemporains des pontes.

Au Muséum d'histoire naturelle de Paris, Philippe Taquet a analysé ces œufs. Leur coquille est noire, lisse sur sa face externe et percée de pores bien visibles. La face interne est rongée, résultat, semble-t-il, d'une dissolution comparable à celle qui se produit chez les oiseaux actuels, lorsque les substances de la coquille sont utilisées pour la construction du squelette de l'embryon. Des dizaines de petits os ont été récoltés à proximité immédiate des œufs, et l'un des œufs fracturés contenait des os des membres ainsi qu'une vertèbre en place, à l'intérieur. Les caractéristiques des os et, en particulier, les arcs des vertèbres, non encore soudés à leur corps vertébral, témoignent de l'état juvénile des individus auxquels ils appartenaient.

La solidité et l'épaisseur des parois de ces os les ont fait attribuer à des reptiles. La forme des extrémités, l'allure rectiligne des fémurs et des tibias, ainsi que d'autres caractéristiques permettent d'affirmer que ces éléments osseux sont ceux d'un théropode.



Œuf de dinosaure où l'on distingue les restes osseux d'un embryon.

Denis Serrette/MNH

La découverte portugaise est exceptionnelle à plus d'un titre. C'est d'abord la première fois que l'on trouve un embryon de dinosaure en Europe. Ensuite, les œufs retrouvés ont 50 millions d'années de plus que la plupart des œufs connus. Enfin, à l'intérieur de plusieurs œufs, les restes osseux caractéristiques et liés montrent que des

embryons sont présents dans cette ponte. À l'aide de ces éléments, on a reconstitué l'histoire de ces œufs.

À Paimogo, il y a près de 140 millions d'années, des théropodes ont pondu leurs œufs dans un sol meuble, propre à l'incubation et à l'éclosion de leur progéniture. Suite à une inondation, les pontes ont été recouvertes d'un sédi-

ment qui fit périr les embryons peu avant l'éclosion des œufs. Le dégagement d'autres œufs et la comparaison avec des restes de dinosaures retrouvés récemment dans la même région devrait permettre de comparer les os des théropodes adultes à ceux des embryons et de préciser l'espèce exacte à laquelle appartiennent ces embryons.

Les petits corps du Système solaire

Une planète éloignée et un compagnon de la Terre

Les Grecs identifiaient les cinq astres Mercure, Vénus, Mars, Jupiter et Saturne, parce que ceux-ci se déplaçaient par rapport aux étoiles : ils les nommèrent planètes, ce qui signifie «astre errant». Par la même technique de recherche, des astronomes viennent de découvrir deux nouveaux corps. L'un d'eux, 1996TL66, tourne très loin du Soleil, au-delà de l'orbite de Pluton. Le second est beaucoup plus proche, puisqu'il suit la Terre dans son mouvement autour du Soleil et peut ainsi

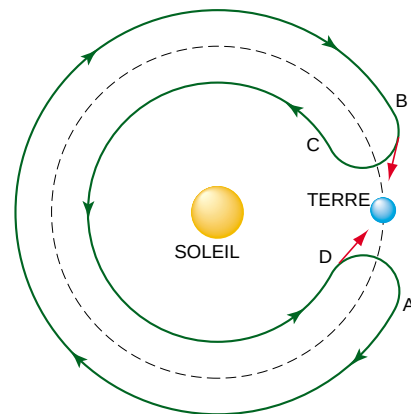
être considéré comme un compagnon de la Terre.

Depuis la découverte de Pluton, en 1930, les astronomes ont recherché une dixième planète à notre Système solaire. En 1992, leurs efforts ont été récompensés par la découverte des premiers objets de la ceinture de Kuiper : de petites planètes gelées situées au-delà de l'orbite de Neptune. On estime que 35 000 objets de la ceinture de Kuiper ont un diamètre compris entre 100 et 400 kilomètres. Ces objets sont beaucoup plus petits que Pluton ou que son satellite Charon (2 300 kilomètres et 1 100 kilomètres de diamètre), mais l'excentricité de leurs orbites sont semblables. C'est pourquoi les astronomes considèrent aujourd'hui que Pluton fait partie de la ceinture de Kuiper, plutôt que du cortège planétaire.

En octobre 1996, lorsque Jane Luu et ses collègues du Centre d'astrophysique d'Harvard découvrirent 1996TL66, ils pensèrent que cet objet appartenait à la ceinture de Kuiper, mais ils remarquèrent bientôt ses particularités : son orbite allongée s'éloigne à plus de 130 unités astronomiques du Soleil, soit le triple de la distance de Pluton au Soleil. De plus, cet astre réfléchit bien la lumière solaire ; c'est même l'objet le plus brillant découvert dans le Système solaire depuis la découverte de Charon en 1978.

D'où provient-il ? Selon Martin Duncan, de l'Université Queens, au Canada, il serait le premier d'une nouvelle ceinture d'objets, distincte de la ceinture de Kuiper, ayant des orbites plus allongées et inclinées par rapport à l'écliptique (le plan de l'orbite de la Terre autour du Soleil). Au cours de la formation du Système solaire, des perturbations gravitationnelles avec Neptune auraient éjecté de nombreuses petites planètes présentes dans ce voisinage sur des orbites allongées et inclinées sur l'écliptique. Cette nouvelle population d'objets s'étendrait jusqu'au nuage de Oort, le réservoir de

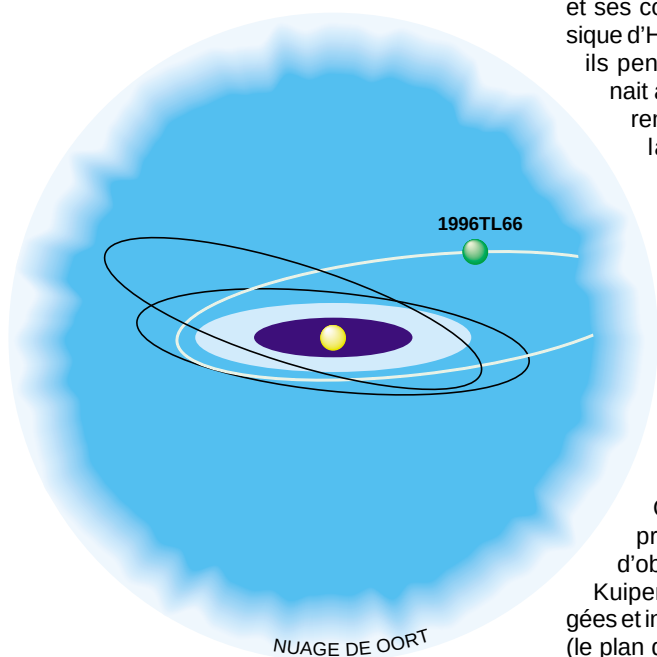
2. Orbite en fer à cheval idéalisée (toutes les trajectoires sont circulaires) du nouvel astéroïde, représentée dans un référentiel tournant avec la Terre (la Soleil et la Terre y sont fixes).



comètes qui entoure le Système solaire, à plusieurs centaines d'unités astronomiques de la Terre (plusieurs dizaines de milliards de kilomètres).

Le second objet découvert, un astéroïde de cinq kilomètres de diamètre, est à une distance du Soleil voisine de celle de la Terre, dans le disque contenant les neuf planètes. Pour représenter son mouvement, plaçons-nous dans un référentiel centré sur le Soleil et qui tourne avec une période de un an. Dans ce référentiel tournant, la Terre et le Soleil sont fixes, et l'astéroïde tourne autour du Soleil en suivant une orbite en forme de fer à cheval (voir la figure 2).

Pourquoi une telle trajectoire ? Selon la troisième loi de Kepler, la période de révolution d'un corps augmente avec le rayon de l'orbite. Ainsi, sur la partie extérieure de la trajectoire (arc de cercle AB), l'astéroïde tourne autour du Soleil sur une orbite circulaire dont la période est légèrement supérieure à un an. L'astéroïde rattrape donc la Terre et arrive au point B. Là, attiré par la Terre, il est transféré sur une orbite circulaire de rayon inférieur, dont la période est alors légèrement inférieure à un an (arc CD). Cette fois il est rattrapé par la Terre et arrive au point D, où, attiré par la Terre, le rayon de son orbite augmente. Finalement l'astéroïde rejoint le point A et l'orbite est bouclée.



1. Plus éloignés du Soleil que les planètes (qui sont dans le disque violet), des milliers de petits corps sont confinés dans la ceinture de Kuiper (disque bleu clair). Les astronomes soupçonnent l'existence d'objets aux orbites allongées et inclinées entre la ceinture de Kuiper et le nuage de Oort ; 1996TL66 serait le premier de ces nouveaux objets.