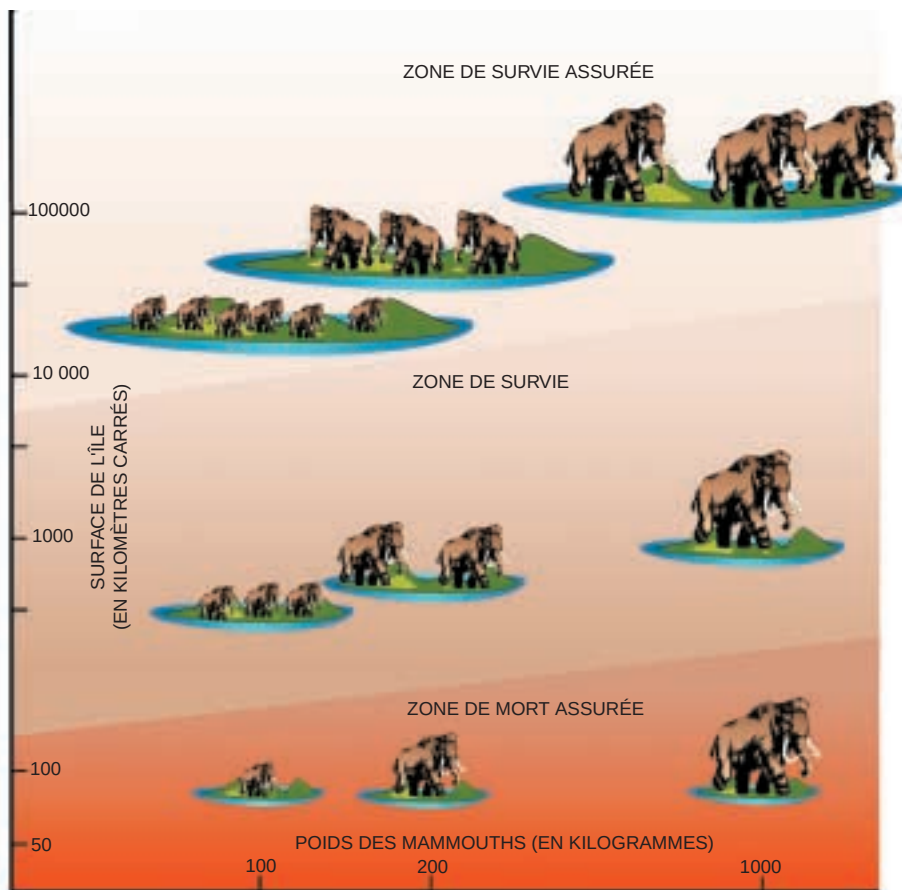




6. ÉTAGEMENT DES SURFACES INSULAIRES nécessaires pour qu'une population d'environ 500 mammouths de poids moyens 100, 200 et 1 000 kilogrammes se maintienne 1 000 ans. Ces résultats montrent qu'une population de mammouths pouvait mieux survivre sur une île si ses individus étaient de tailles réduites. Les mammouths insulaires n'étaient pas confrontés aux gros prédateurs, comme leurs congénères continentaux. Ils survivaient donc d'autant mieux qu'ils étaient petits et donc plus facilement rassasiés ! C'est pourquoi, les espèces insulaires de mammouth ont toutes évolué vers le nanisme.

protégé, le nombre d'individus d'une population était limité. Contrainte supplémentaire, ce nombre ne devait pas descendre au-dessous d'un certain seuil. Sinon, le manque de brassage aurait débilisé l'espèce, la vouant à disparaître. Sur certaines îles, cependant, de nouveaux géniteurs ont pu venir restaurer le patrimoine génétique. Tenant compte de l'effet du goulot d'étranglement, L. Roth a estimé que le nombre d'individus d'une population ne doit pas descendre au-dessous de 500. Elle a spéculé sur les surfaces insulaires nécessaires pour que 500 individus se maintiennent sur différentes îles, compte tenu du poids moyen qui y était observé. Elle est ainsi parvenue à préciser quels étaient les seuils de vulnérabilité pour les populations insulaires de proboscidiens en fonction de la surface de leur île.

Les chiffres qui concernent l'archipel de Santa Rosa montrent l'intérêt des résultats qu'elle a obtenus. Les

mammouths qui ont vécu sur les quelque 1 800 kilomètres carrés de ces îles pouvaient parfaitement s'y maintenir, à condition que leur taille soit comprise entre 200 kilogrammes et 2 tonnes. À l'évidence, l'espèce du continent, qui atteignait en moyenne dix tonnes, n'aurait eu aucune chance de persister dans un tel environnement ! L. Roth a aussi évalué la sur-

face insulaire minimale pour qu'une espèce de proboscidiens de 100, 200 kilogrammes, etc. perde 1 000 ans dans une île. Elle conclut que 140 à 3 600 kilomètres carrés sont nécessaires pour un groupe de 500 individus de 100 kilogrammes, 180 kilomètres carrés à 4 700 kilomètres carrés pour un groupe d'animaux deux fois plus lourds et 310 à 9 000 kilomètres carrés pour un groupe d'animaux dix fois plus lourds (une tonne). Dans les fourchettes précédentes, la limite basse correspond au cas où la végétation est soumise à des variations importantes et fréquentes, la limite haute à celui où le couvert végétal est stable. Ces derniers chiffres démontrent à quel point la dynamique du climat joue un rôle important dans la survie d'une grande espèce. En effet, selon la fréquence à laquelle les changements climatiques se succèdent, les paléocéologues estiment que l'espace vital minimum d'une grande espèce varie d'un facteur 1 à 20, voire s'agrandit 30 fois !

L'étude des faunes fossiles insulaires a un grand intérêt pour la gestion des populations actuelles de grands mammifères. Par la force des choses, les réserves où ces animaux sont confinés ont été divisées en multiples isolats au cours du dernier siècle. Les exemples anciens montrent que, si l'on souhaite conserver ces grosses bêtes, on doit accorder aux réserves et aux parcs naturels des surfaces suffisantes. Suivant les cas, ces derniers devront couvrir plusieurs centaines, voire plusieurs milliers de kilomètres carrés. Le recul que donne l'étude des mammifères des îles du passé rend pessimiste. Tous les espèces insulaires ont fini par disparaître, même si certaines d'entre elles étaient... géantes.

Jean-Louis HARTENBERGER est paléontologue à l'Institut des sciences de l'évolution de l'Université de Montpellier.

V.L. ROTH, *Insular Dwarf Elephants : a Case Study in Body Mass Estimation and Ecological Inferences*, in *Body Size in Mammalian Paleobiology : Estimation and Ecological Inference*, sous la direction de J. Damuth et B.J. MacFadden, Cambridge University Press, 1990.

V.L. ROTH, *Inferences from Allometry and Fossils : Dwarfing of Elephants on Islands*, in *Oxford Surveys of Evolutionary Biology*, sous la direction de D. Futuyama

et J. Antonovics, vol. 8, pp. 259-288, 1992.

D.A. MCFARLANE, R.D.E. MCPHEE et D.E. FORD, *Body Size Variability and a Sanguinarian Extinction Model for Amblyrhiza a West Indian Megafaunal Rodent*, in *Quaternary Research*, n° 50, pp. 80-89, 1998.

A.H. SIMMONS, *Faunal Extinction in an Island Society. Pygmy Hippopotamus of Cyprus*, New York, Kluwer Academic, Plenum Publishers, 1999.

Jean-Denis VIGNE, *Les chasseurs préhistoriques dans les îles méditerranéennes*, in Dossier Pour La Science *La valse des espèces*, juillet 2000.

Les dimensions cachées de l'Univers

NIMA ARKANI-HAMED • SAVAS DIMOPOULOS • GEORGI DVALI

L'univers visible est-il une membrane qui flotte dans un espace de dimension supérieure? Des physiciens explorent expérimentalement les dimensions supplémentaires afin d'unifier les forces de la nature. Ils envisagent l'existence d'univers parallèles.

Certains des physiciens qui explorent aujourd'hui l'Univers utilisent une idée qui était nichée dans un roman publié en 1884 par l'ecclésiastique anglais Edwin Abbott : *Flatland*. Dans cet ouvrage, un personnage nommé A. Square vit dans un monde à deux dimensions peuplé de figures géométriques : des triangles, des carrés, des pentagones, etc. Vers la fin de l'histoire, une créature sphérique de l'espace tridimensionnel traverse le monde plat de A. Square et sort ce dernier de son plan pour lui montrer la véritable nature de l'Univers. A. Square s'interroge alors : l'espace tridimensionnel serait-il également plongé dans un espace plus vaste, à quatre dimensions? L'idée utilisée pour une révision des théories de l'espace-temps en découle. Dans un univers à deux dimensions, l'espace serait comme un tapis de billard infini, et les physiciens des hautes énergies lanceraient des particules planes les unes contre les autres, jusqu'à les détruire. Ils s'étonneraient de voir disparaître une partie notable des énergies mises en jeu dans leurs collisions : cette énergie manquante correspondrait au bruit engendré par les chocs. Ne percevant que les signaux sonores qui se propagent dans les deux dimensions du billard, les physiciens n'entendraient qu'une infime partie du bruit total. Toutefois, à partir de leurs observations partielles, les physiciens les plus hardis pourraient conjecturer l'existence d'une troisième dimension.

Dans cette dimension supplémentaire, l'énergie sonore manquante serait emportée par des particules inconnues : les phonons...

Le scénario que quelques physiciens proposent aujourd'hui est l'extension de cette idée aux dimensions supérieures. Il existe des variantes de ces nouvelles théories de l'espace-temps, mais toutes assimilent notre espace tridimensionnel à un «billard» plongé dans un univers qui comporte une ou plusieurs dimensions supplémentaires. Tout ce que nous voyons dans les trois dimensions qui nous sont familières y serait confiné, à l'exception des gravitons, les particules qui transmettent l'interaction gravitationnelle. Comme les phonons dans l'univers du billard, les gravitons n'ont pour le moment jamais été découverts.

Déjà, certains expérimentateurs tentent de découvrir ces dimensions cachées. Leurs dispositifs expérimentaux testent l'influence éventuelle de ces dimensions sur la gravité à petite distance. Ils espèrent notamment que le Grand Collisionneur de hadrons LHC (de l'anglais *Large Hadron Collider*) révélera également des phénomènes commandés par la nature quantique de la gravitation à petite distance, telle la création d'éphémères micro-trous noirs. Notre théorie des dimensions cachées se fonde sur les avancées les plus récentes de la théorie des cordes : les particules observées dans les accélérateurs sont identifiées aux modes vibratoires de cordes élémentaires. Grâce à ce concept, la théorie des

dimensions cachées résoudra peut-être les énigmes actuelles de la physique des particules et de la cosmologie.

L'inexplicable faiblesse de la gravité

Les théories des dimensions cachées de l'Univers, comme la théorie des cordes, sont nées des études de la gravitation. Plus de trois siècles après Isaac Newton, la physique n'explique toujours pas pourquoi cette interaction est si faible. Malgré la masse énorme de la Terre, la force magnétique exercée par un petit aimant vainc aisément la force d'attraction gravitationnelle qui retient un clou. Les forces gravitationnelles entre deux électrons sont 10^{43} fois inférieures aux forces de répulsion électrique entre ces charges négatives. La gravitation joue un rôle important dans notre existence, parce que les masses macroscopiques sont électriquement neutres : les forces électriques étant nulles, nos pieds restent collés à la Terre, et cette dernière reste en orbite autour du Soleil ; seule la gravitation se fait sentir.

Pour que les forces électriques et gravitationnelles qui s'exercent entre deux électrons soient égales, il faudrait que leurs masses soit 10^{22} fois supérieures. La production d'une particule aussi lourde nécessiterait une énergie considérable, de plus de 10^{19} gigaélectronvolts. Cette «énergie de Planck» marque un «mur du flou absolu», au-delà duquel plus aucune mesure de l'énergie n'a de sens.