

Amplification sismique

La géologie explique la concentration des dégâts du séisme de Kobe.

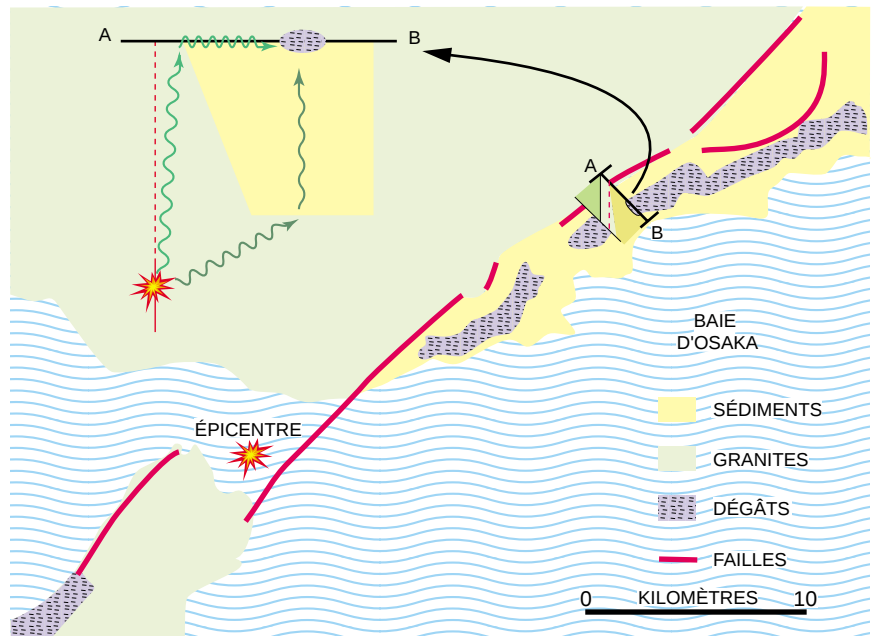
Le 16 janvier 1995, un séisme de magnitude 7,2 a frappé la ville de Kobe. Ce tremblement de terre est, au Japon, l'une des plus grandes catastrophes de ces dernières années : plus de 5 000 morts et 500 milliards de francs de dégâts. L'ampleur de ces pertes humaines et matérielles tient à la conjonction malheureuse de deux phénomènes sismologiques : une rupture survenue sous la ville et une amplification locale des mouvements du sol.

La localisation du sinistre est étonnante. Pourquoi la majorité des destructions sont-elles concentrées dans une zone large d'un kilomètre et longue d'une cinquantaine de kilomètres, au milieu de la ville ? Les constructions et la densité de la population dans cette bande sont similaires à celles que l'on trouve autour. En outre, alors qu'au Sud de l'épicentre les deux lèvres de la faille de Nojima se sont déplacées en surface de plus d'un mètre l'une par rapport à l'autre, aucune rupture de surface n'est visible dans la bande de dégâts. Plus étonnant encore, cette bande s'allonge parallèlement aux failles actives connues, à un kilomètre au Sud.

En analysant les enregistrements de 19 stations sismologiques situées dans un rayon de 50 kilomètres autour de la faille, nous avons reconstitué le glissement des failles en tout point. Sous la ville de Kobe, les deux lèvres de la faille ont glissé d'un mètre l'une par rapport à l'autre, à une profondeur de dix kilomètres. Même s'il n'a pas laissé de rupture visible en surface, le séisme a donc relâché une part importante de son énergie juste sous la ville.

Les failles où cette rupture profonde s'est produite sont parallèles à la bordure du bassin sédimentaire où Kobe est construite. Les modélisations réalisées après le séisme par plusieurs équipes ont mis en évidence une amplification locale des ondes sismiques due à la géologie de cette bordure de bassin. Cette amplification explique la répartition spatiale des destructions.

Les ondes de choc produites en profondeur par le séisme se propagent dans toutes les directions. D'un côté, elles mon-



Les destructions provoquées par le séisme de Kobe, au Japon, en janvier 1995, sont concentrées dans une bande d'un kilomètre de large, dans le bassin sédimentaire, entre la côte et les failles actives. Les ondes sismiques provenant de la rupture de la faille, à dix kilomètres de profondeur, se propagent à des vitesses différentes selon qu'elles se déplacent dans les roches granitiques qui bordent le bassin sédimentaire (flèches vert clair sur la coupe A-B) ou dans le bassin lui-même (flèches vert foncé) : leurs interférences constructives amplifient les vibrations du sol et accroissent les dégâts sur une bande étroite.

tent rapidement à la verticale de la faille, à l'extérieur du bassin, dans des roches granitiques, puis, arrivées en surface, ces ondes se propagent horizontalement vers l'intérieur du bassin. Une autre partie des ondes se propagent verticalement à l'intérieur du bassin, dans les roches sédimentaires, à vitesse plus faible. Lorsque les ondes qui ont suivi les deux trajets

se rencontrent, elles interfèrent et leurs amplitudes s'ajoutent : les mouvements du sol sont deux fois plus importants dans une bande étroite, parallèle aux failles et au bord du bassin, là où les dégâts les plus notables se sont produits.

Fabrice COTTON, IPSN,
Michel CAMPILLO,
Université Grenoble 1

Le coureur de Marathon

Il serait mort à cause d'une trop forte élévation de la température de son cerveau.

Après la victoire des Athéniens sur l'armée des Perses, débarquée sur les côtes grecques en -490, le coureur de Marathon, envoyé par le général Miltiade, se hâte d'annoncer la bonne nouvelle à Athènes, éloignée de 42 kilomètres. Selon Lucien de Samosate, au II^e siècle de notre ère, il se nomme Philippidès,

mais pour Plutarque (I^{er} siècle), il porte le nom d'Euclys. Après avoir prononcé les mots : « Réjouissez-vous, nous sommes vainqueurs », Philippidès-Euclys s'écroule et meurt.

Selon Hérodote, la bataille eut lieu pendant la saison chaude puisque les marais de la plaine de Marathon étaient à sec. La victoire se dessina seulement vers le soir. Les Athéniens, inférieurs en nombre avaient tous dû combattre, sans doute le coureur aussi, qui n'entreprit sa course qu'après la bataille. Ainsi, c'est vraisemblablement un homme déshydraté qui partit pour Athènes.

BRÈVES

L'ADN de Néandertal

L'homme fossile découvert en 1846 dans la vallée de Néander n'est pas l'un de nos ascendants. Deux équipes, allemande et américaine, ont réussi indépendamment à lire quelques éléments du code génétique contenu dans les mitochondries, organites de la cellule qui produisent de l'énergie, de l'humérus de cet homme de Néandertal. Les différences avec les séquences équivalentes de l'homme moderne indiquent que la lignée de Néandertal et la nôtre se seraient séparées il y a environ 600 000 ans.



Combien de Chinois?

Selon des démographes chinois, la population de leur pays, évaluée à 1,2 milliard de personnes en 1995, serait sous-évaluée d'environ 100 millions. Les familles dissimuleraient les naissances excédentaires par rapport aux contraintes du plan de limitation, mais aussi les premières naissances, lorsque les enfants sont des filles, afin de conserver le droit d'avoir au moins un garçon.

Vaccin désensibilisant

Comment peut-on prévenir les violentes réactions allergiques déclenchées par les piqûres d'abeille? Giampetro Corradin, à l'Université de Lausanne, a isolé la protéine de venin la plus allergisante. Il l'a découpée en trois morceaux (en trois peptides), qui ne sont plus des venins, mais que le système immunitaire reconnaît comme faisant partie de la protéine entière. En injectant de grandes quantités de ces peptides aux personnes sensibles, on habitue le système immunitaire à les tolérer et, par là même, à tolérer la protéine entière allergisante.

Vitres autonettoyantes

Une couche ultramince d'oxyde de titane déposée sur une vitre brûle les salissures. L'oxyde de titane exposé aux rayons ultraviolets oxyde et élimine les composés organiques tels que les traces de doigts, la fumée de tabac ou les résidus de combustion des hydrocarbures. La couche organique est dégradée, puis éliminée. Le procédé, mis au point dans le laboratoire de Pierre Pichat, à l'ENS de Lyon est évalué par les sociétés Saint-Gobain et Rhône-Poulenc.

Suite page 22

Est-ce la cause de sa mort? Une longue course entraîne un épuisement des réserves énergétiques, une déshydratation due à la sudation et une hyperthermie. D'après les observations des marathoniens d'aujourd'hui, l'épuisement des réserves énergétiques ne peut être mortelle : le coureur épuisé est contraint de s'arrêter, mais ne meurt pas.

Une déshydratation poussée aurait pu être fatale, mais elle se serait accompagnée de symptômes qui auraient interdit la poursuite de la course, notamment d'incoordination motrice et de désorientation. L'homme était certainement déshydraté, mais non au point d'en mourir. En revanche, la déshydratation aurait favorisé une hyperthermie. Normalement, l'eau qui traverse les pores de la peau et se trouve en contact avec l'air s'évapore ; ce passage de l'état liquide à l'état vapeur absorbe de la chaleur, laquelle est prélevée dans la peau. Ainsi, la sudation diminue la température corporelle. Chez le sujet déshydraté, tout se passe comme si les divers mécanismes de régulation concouraient à préserver au maximum l'eau de l'organisme, notamment par inhibition de la sudation. Toutefois, la peau de la tête ne subit pas cette inhibition : le visage et le scalp sont des zones à forte capacité sudorale et, chez le sujet déshydraté, la sudation corporelle est inhibée, mais celle de la tête reste normale. Dans ces conditions, la température intracrânienne, mesurée sur le tympan, reste normale, inférieure à la température du tronc, enregistrée dans l'œsophage.

Le refroidissement du cerveau est particulièrement nécessaire pendant l'exercice musculaire prolongé. L'énorme quantité de chaleur libérée dans les muscles augmente la température corporelle profonde qui peut atteindre, voire dépasser, 42 °C. Ainsi, lors d'un exer-

cice prolongé, la température élevée du sang artériel menace le cerveau, voire la survie, du sportif. L'hyperthermie prolongée entraîne un «coup de chaleur», caractérisé par des signes neurologiques, tels que confusion et coma, des signes circulatoires liés à l'hypotension et des signes d'intoxication (dus à l'acidification du sang).

L'élévation de la température du cerveau est limitée quand la ventilation de la tête assure un refroidissement sélectif suffisant. Le mouvement crée un «courant d'air» artificiel qui favorise l'évaporation de la sueur et le refroidissement associé.

À l'arrêt de la course, la température œsophagienne s'effondre rapidement, mais la température intracrânienne continue à croître. La chaleur accumulée dans les muscles et dans le tronc diffuse, véhiculée par le sang artériel jusqu'au cerveau, où l'évacuation de la chaleur cesse dès que le sujet est immobile. L'élévation de la température intracrânienne peut atteindre 0,4 °C pendant plusieurs minutes. Quand une telle augmentation survient chez un sportif dont la température du tronc est déjà de 42 °C, la mort peut-être foudroyante.

Ainsi le coureur aurait quitté Marathon hyperthermique et déshydraté. Le refroidissement du cerveau a été suffisant tant que le messager courait. De la chaleur s'est accumulée dans le tronc et dans les muscles, d'autant plus que la sudation avait cessé. Au moment où le coureur s'est arrêté, la température du cerveau a brusquement augmenté, au-delà des limites compatibles avec la vie. Philippides ne serait pas mort si les Athéniens lui avaient aspergé la tête.

M. CABANAC
et M.-Cl. BONNIOT-CABANAC,
Faculté de médecine, Université Laval



Jean-Loup Charrier

Champignons de croissance

Des champignons qui vivent en symbiose avec des arbres favorisent la pousse de ceux-ci dans des terrains peu fertiles, en protégeant les racines ou en favorisant l'assimilation d'éléments nutritifs. Un groupe de biologistes et de pépiniéristes européens utilise ces relations privilégiées pour la reforestation en milieu méditerranéen. Dans le Languedoc, la présence d'un bolet sur les racines de pins pignons stimule la croissance initiale des arbres. Ces derniers atteignent vite une taille supérieure à celle des herbacées qui poussent naturellement, et leur entretien est facilité.

Maladie d'Alzheimer

On sait dépister aujourd'hui cette maladie chez les personnes vivantes. Une équipe japonaise a observé chez des patients atteints de la maladie d'Alzheimer une diminution de l'activité d'une enzyme, l'acétylcholine estérase, dans certaines zones du cortex cérébral. Cette diminution dénote la dégénérescence d'un système neuronal de communication, le système cholinergique central.

Enclos néolithique?

Clive Waddington de l'Université de Durham et ses collègues ont fouillé le site du *henge* de Coupland, dans le bassin de Milfield. Ce monument circulaire vieux de 6 000 ans est traversé sur les 110 mètres de son diamètre par une voie où passaient les troupeaux. Quel meilleur endroit pour les abriter en hiver qu'un enclos au milieu de la vallée? Peut-



être faudra-t-il reconsidérer la fonction de Stonehenge, sanctuaire présumé d'un culte solaire.

Arbres à puces

Pour gérer les espaces verts, on plante au cœur des arbres une puce électronique dont les 512 bits de mémoire stockeront 13 paramètres dont l'espèce, la forme, la circonférence et la position de l'arbre. À l'aide d'un terminal portable, les agents en charge des espaces verts lisent ou mettent à jour les informations sur les puces. Après la mise en place du système sur 13 500 arbres du département de Seine Saint-Denis, la Ville de Paris utilisera cette haute technologie pour gérer les 100 000 arbres parisiens.

Suite page 24

Superdéformation en apesanteur

Les oscillations de gouttes en microgravité.

Le capitaine Haddock avait bien du mal à rattraper sa boule de whisky dans la fusée lunaire, mais savait-il que cette boule pouvait osciller? Lors d'un vol de la navette spatiale *Columbia*, Robert Apfel et ses collègues de l'Université Yale ont étudié la déformation d'une goutte d'eau en apesanteur.

L'étude de la déformation des gouttes d'eau remonte au XIX^e siècle avec John Rayleigh. En raison de leur simplicité apparente, les gouttes liquides ont été utilisées pour modéliser des objets variés comme la Terre liquide et, aujourd'hui, elles servent à comprendre les noyaux atomiques très déformés ou les étoiles qui explosent.

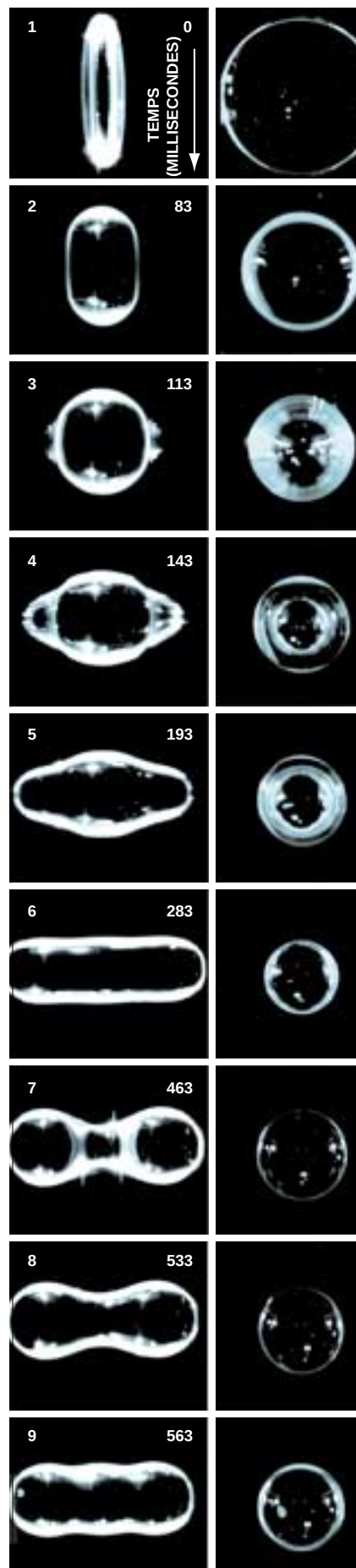
Les déformations de faible amplitude des gouttes liquides sont maintenant si bien comprises théoriquement que l'on prédit les conséquences de l'introduction d'une petite quantité de molécules tensioactives (qui donnent leur pouvoir détergent au savon) à une goutte d'eau pure. En revanche, les déformations de grandes amplitudes sont plus difficiles à calculer et leur étude expérimentale nécessite une goutte en équilibre sphérique, dont l'obtention sur Terre est malaisée.

En apesanteur, l'équipage de *Columbia* a donc placé, dans un récipient rempli d'air à la pression atmosphérique, une goutte d'eau de la taille d'une balle de ping-pong. Celle-ci est d'abord aplatie par deux ondes sonores émises face à face (*photographie n°1*). Lorsque l'on supprime les ondes sonores, la goutte oscille librement durant 20 cycles. L'ajout de molécules tensioactives diminue la tension de surface du liquide et la goutte ne se brise pas lors des déformations extrêmes (comme sur la *photographie n°7*).

Ces déformations, impossibles à calculer analytiquement, sont comparées à un modèle numérique. En prenant en compte un champ acoustique externe et une tension de surface constante, les physiciens obtiennent des formes comparables à celles observées lors des expériences.

Une goutte d'eau de la taille d'une balle de ping-pong oscille librement en apesanteur. La colonne de droite représente la vue de côté.

On trouvera une animation de cette oscillation sur notre site Web à l'adresse : <http://www.pourlascience.com>



R. Apfel

Un dinosaure normand relie les continents

Dryosaurus a traversé l'Europe pour passer d'Afrique en Amérique.

Depuis le XVIII^e siècle on connaît l'existence de reptiles fossiles dans les couches du Jurassique supérieur du Cap de la Hève, près du Havre ; le Muséum du Havre en posséda une grande collection – qui fut hélas détruite lors des bombardements de 1944. Les collections de fossiles du Cap de la Hève se reconstituent lentement, tant par les efforts du Muséum que par l'apport des paléontologues amateurs.

L'un d'entre eux, Emmanuel Cacheux, a découvert un petit fémur, peu spectaculaire mais d'un intérêt scientifique indéniable. Ce fémur a été trouvé dans les calcaires argileux du Kimmeridgien, étage du Jurassique supérieur daté de –146 à –141 millions d'années, qui constituent la base des imposantes falaises de la Hève. Ce fossile, dont son inventeur a fait don au Muséum du Havre, appartient à un petit dinosaure du groupe des ornithopodes, dont un des représentants les plus connus est sans doute *Iguanodon*, l'un des premiers dinosaures à avoir été décrits. Le fémur, par chance, est un os assez caractéristique chez les ornithopodes, et les caractères de ce fossile, notamment l'aspect des insertions musculaires sur l'os, permettent de l'attribuer au genre *Dryosaurus*. L'animal, beaucoup plus petit qu'*Iguanodon*, ne dépassait guère 2 à 3 mètres de longueur (l'animal du Havre, sans doute un juvénile, était plus petit encore), et se déplaçait principalement en position bipède. Le fémur du Cap de la Hève est le premier reste

vores provenant d'un des principaux gisements du Jurassique supérieur exploités par ses assistants, Como Bluff, dans le Wyoming. En 1894, il nomme *Dryosaurus*, le «reptile des chênes», l'un de ces animaux. *Dryosaurus altus* devient alors la première espèce, Nord-américaine, du genre *Dryosaurus*.

Au début du XX^e siècle, bien loin du Wyoming, les paléontologues du Muséum d'histoire naturelle de Berlin fouillent sur une grande échelle les gisements de dinosaures du Jurassique supérieur du Tendaguru, dans ce qui est alors l'Afrique orientale allemande (aujourd'hui la Tanzanie). Les fouilles prennent fin en 1912, mais ce n'est qu'après la Première Guerre mondiale, une fois l'Afrique orientale perdue pour l'Allemagne (mais pas pour les Anglais, qui y feront aussi des fouilles dans les années 1920), que l'étude scientifique des innombrables fossiles recueillis commence vraiment. Le paléontologue Virchow, en 1919, signale un petit dinosaure ornithopode du Tendaguru sous le nom de *Dysalotosaurus lettowvorbecki*. L'espèce est dédiée, ce n'est pas un hasard, au général Paul von Lettow-Vorbeck, qui pendant la guerre a commandé les troupes allemandes en Afrique orientale, et n'a déposé les armes qu'au début de 1919, après la fin de la guerre en Europe. À son retour à Berlin, il est non seulement accueilli en héros, mais on lui dédie un dinosaure... Ce dinosaure Est-africain ne sera finalement décrit en détail qu'en 1955 par Werner Janensch, le chef des expéditions allemandes au Tendaguru, après quelques péripéties, dont la moindre n'est pas le bombardement du Musée de Berlin pendant la Seconde Guerre mondiale.

En 1977, le paléontologue Peter Galton parvient à une conclusion surprenante, compte tenu de la grande distance qui sépare les sites du Wyoming de ceux de Tanzanie : il s'agit en fait d'un seul et même genre, qui doit prendre le nom de *Dryosaurus*, conformément aux règles de priorité de la



Le monde au Jurassique supérieur, il y a environ 145 millions d'années. *Dryosaurus* a été retrouvé dans l'Ouest américain (a), en Tanzanie (b) et depuis peu en Normandie (c). Il existait une voie de passage, l'Europe, entre l'Amérique du Nord et l'Afrique.

nomenclature zoologique. Au Kimmeridgien, il y a quelque 145 millions d'années, il existait donc une espèce de *Dryosaurus*, *Dryosaurus altus*, en Amérique du Nord, et une autre, assez similaire *Dryosaurus lettowvorbecki*, en Afrique. Comment expliquer ces similarités entre deux régions du Globe aujourd'hui bien éloignées, et séparées l'une de l'autre par l'océan Atlantique ?

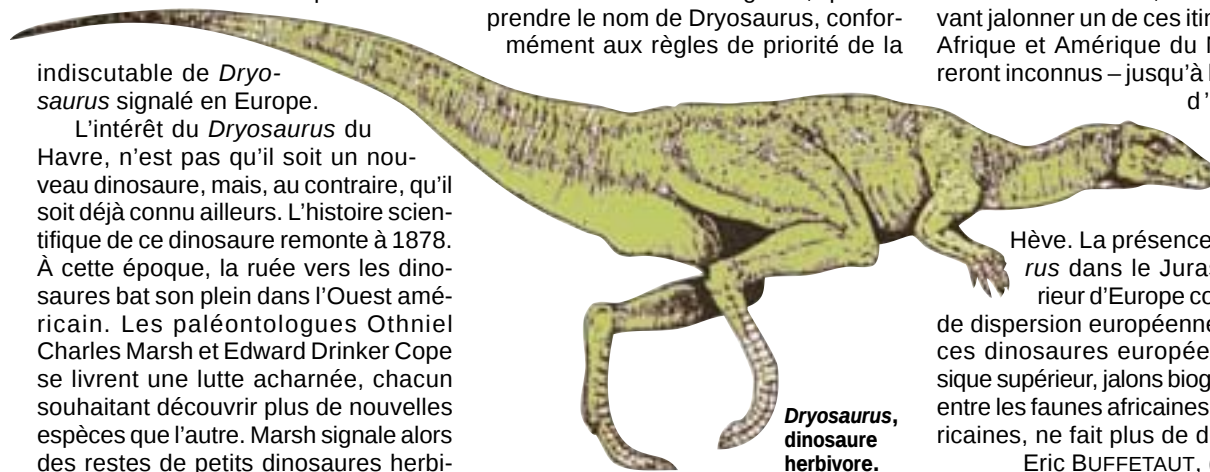
On sait qu'au Jurassique supérieur l'océan Atlantique commençait à s'ouvrir. L'Afrique et l'Amérique du Nord n'étaient déjà plus en contact direct, mais il devait y avoir des communications possibles entre ces deux continents via d'autres régions émergées. *Dryosaurus* n'est d'ailleurs pas le seul dinosaure à être connu à la fois dans l'Ouest américain et en Afrique orientale à cette époque : l'énorme sauropode *Brachiosaurus* présente la même répartition géographique. Galton envisage deux voies de passage possibles pour *Dryosaurus* entre l'Amérique du Nord et l'Afrique, qui n'obligent qu'à des traversées de bras de mer limitées : soit via l'Amérique du Sud, soit via l'Europe.

Pendant 20 ans, les fossiles pouvant jalonnier un de ces itinéraires entre Afrique et Amérique du Nord demeureront inconnus – jusqu'à la découverte d'Emmanuel

Cacheux dans les falaises du Cap de la

Hève. La présence de *Dryosaurus* dans le Jurassique supérieur d'Europe confirme la voie de dispersion européenne. L'intérêt de ces dinosaures européens du Jurassique supérieur, jalons biogéographiques entre les faunes africaines et Nord-américaines, ne fait plus de doute.

Eric BUFFETAUT, (CNRS, Paris)



indiscutable de *Dryosaurus* signalé en Europe.

L'intérêt du *Dryosaurus* du Havre, n'est pas qu'il soit un nouveau dinosaure, mais, au contraire, qu'il soit déjà connu ailleurs. L'histoire scientifique de ce dinosaure remonte à 1878. À cette époque, la ruée vers les dinosaures bat son plein dans l'Ouest américain. Les paléontologues Othniel Charles Marsh et Edward Drinker Cope se livrent une lutte acharnée, chacun souhaitant découvrir plus de nouvelles espèces que l'autre. Marsh signale alors des restes de petits dinosaures herbi-

Nids dateurs

Comment dater les œuvres rupestres gravées ou peintes avec des pigments minéraux? Les évaluations stylistiques sont imprécises et toujours relatives. Une équipe d'archéologues a évalué les âges de deux nids de guêpes fixés sur deux peintures murales de la région du Kimberley du Nord, en Australie, en mesurant depuis combien de temps le sable qu'ils contiennent était à l'abri de la lumière solaire. Résultats : 17 500 et 16 550 ans. Les peintures sont au moins aussi vieilles. Les nids de guêpes fossiles sont, de plus, un matériau de choix pour les archéologues : ils contiennent des pollens fossiles, dont l'étude renseigne sur les climat passés.

Anti-rhume social

Faites-vous des relations : vous éviterez les rhumes. Selon une équipe de l'Université Carnegie Mellon, les personnes ayant le plus de relations sociales résistent le mieux aux virus du rhume et le disséminent moins. La diversité des types de relations (familiales, amicales, professionnelles...) est plus déterminante que le nombre de personnes rencontrées. D'autres études avaient déjà montré qu'un réseau de relations étendu et diversifié augmente l'espérance de vie.

Colle à la peau

Les agrafes utilisées en chirurgie légère seront bientôt périmées. Un essai clinique a montré que l'octyl-cyanoacrylate était une colle de choix pour les tissus animaux. Les chairs ainsi raboutées s'infectent moins facilement et leur aspect est grandement amélioré. La colle est éliminée par la cicatrisation.

Un cofacteur du VIH

Le VIH a besoin d'auxiliaires pour pénétrer dans les cellules qu'il infecte. Il y a quelques mois, on a découvert une des serrures nécessaires, un récepteur des chémokines. Marc Alizon, à l'Institut Cochin et Michel Seman à l'Université Paris 7, en ont identifié une autre : une protéine synthétisée par le cytomégalo virus, un membre de la famille des herpès virus, que l'on soupçonne depuis longtemps d'être un cofacteur du VIH. Cette protéine, nommée US28, favoriserait l'infection des cellules où le VIH ne parvient normalement pas à pénétrer. Toutefois ces résultats ont été obtenus sur des cultures de cellules et on ignore si cette protéine joue le même rôle *in vivo*.

La composition de la Terre

La Terre s'est formée par accréation de météorites particulières.

Tous les géophysiciens admettent aujourd'hui que la Terre s'est formée par agrégation de petits corps célestes, les planétoïdes. Les planétoïdes qui sont restés libres sont les météorites dont certaines frappent la Terre. Pour connaître la nature de la Terre initiale, les météorites sont donc des matériaux de choix. En se fondant sur des similitudes de composition isotopique, Marc Javoy et François Guyot de l'Institut de physique du Globe de Paris et de l'Université Paris 7 ont montré que la Terre se serait formée à partir de météorites particulières, les chondrites à enstatite. Dans ce modèle, du silicium aurait été incorporé en grande quantité dans le noyau de la Terre durant sa formation. Les expériences de physique des hautes pressions corroborent cette hypothèse.

Dans la recherche des météorites ressemblant à la Terre, les géophysiciens sont gênés par la différenciation de cette dernière en un noyau, un manteau et une croûte : la Terre, au contraire des météorites, est une planète dont la composition superficielle diffère de la composition moyenne. Pourtant, certaines propriétés sont conservées lors des phénomènes de différenciation, notamment la répartition des isotopes de l'oxygène. D'où un moyen d'identification.

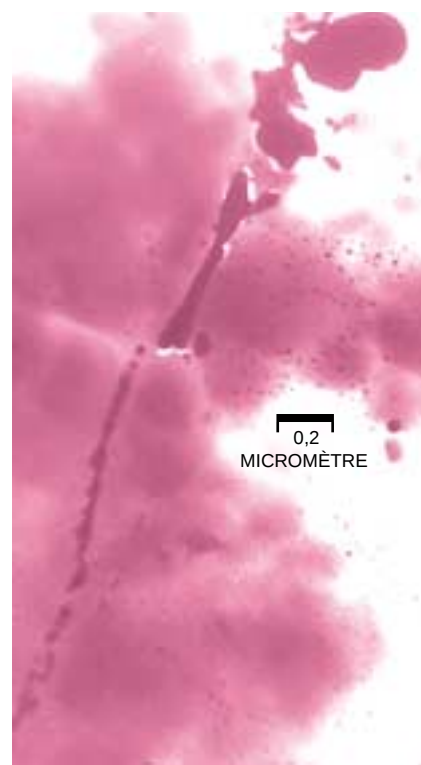
Quelles sont les météorites dont la composition isotopique de l'oxygène est proche de celle du manteau terrestre? Uniquement les chondrites à enstatite. Mélanges d'alliage de fer et de nickel, de pyroxène enstatite (un silicate de magnésium), de sulfures et de silice, ces météorites ont une composition isotopique de l'oxygène qui est, à 0,1 pour cent près, celle des roches du manteau terrestre et de la Lune. L'oxygène représentant la moitié des atomes constituant la Terre, la parenté semble indiscutable.

Toutefois, les chondrites à enstatite ont une composition chimique très différente de celle du manteau supérieur, l'enveloppe «visible» de la Terre : il faudrait donc que la composition des enveloppes cachées (manteau inférieur, noyau) soit distincte des estimations classiques. Le manteau inférieur devrait être plus riche en silicium et en fer, plus

pauvre en calcium que le manteau supérieur. De surcroît, le noyau devrait contenir plus de silicium que dans les modèles classiques. Comment cette ségrégation a-t-elle pu s'effectuer?

En mesurant le volume d'un alliage fer-silicium sous haute pression et à haute température, les chercheurs ont montré que la compression d'un mélange de silicates et de fer dissout le silicium dans le fer. Cette réaction chimique est maximale à une pression de 15 milliards de pascals (150 000 atmosphères), pression atteinte à 450 kilomètres de profondeur dans la Terre. Toutefois, au-dessus de 24 milliards de pascals (240 000 atmosphères), les silicates adoptent une structure différente, ce qui stabilise le silicium sous forme de silicate et inverse le transfert.

Lors de la formation de la Terre, la pression augmenta avec le rayon de matière accrétée. Dans les régions où la pression était proche de 15 milliards de pascals, du silicium, mais aussi du soufre et de l'oxygène, s'incorporèrent au métal en train de migrer vers le centre. Durant cette migration, le métal a été soumis à de très haute pres-



La composition chimique des météorites qui ont formé la Terre est différente de celle du noyau terrestre, différence résultant de la ségrégation. En particulier, le noyau terrestre s'est enrichi en silicium, ce que confirment les analyses de la veine métallique (sombre), observée par microscopie électronique en transmission, d'échantillons de silicate et de métal, traités à haute pression et à haute température.