

Amplification sismique

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

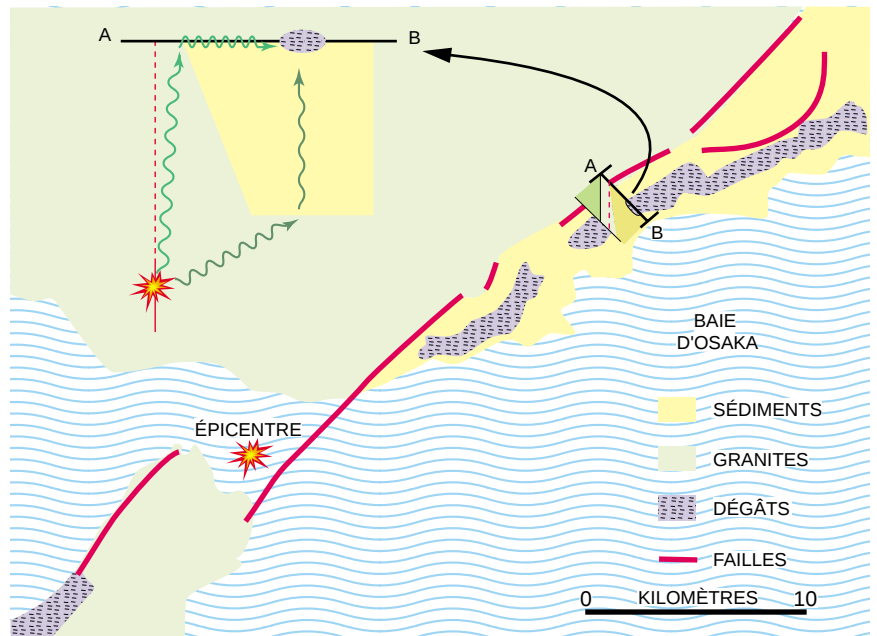
Le 16 janvier 1995, un séisme de magnitude 7,2 a frappé la ville de Kobe. Ce tremblement de terre est, au Japon, l'une des plus grandes catastrophes de ces dernières années : plus de 5 000 morts et 500 milliards de francs de dégâts. L'ampleur de ces pertes humaines et matérielles tient à la conjonction 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'Euclès. Après avoir prononcé les mots : « Réjouissez-vous, nous sommes vainqueurs », Philippidès-Euclès 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 Charnet

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.

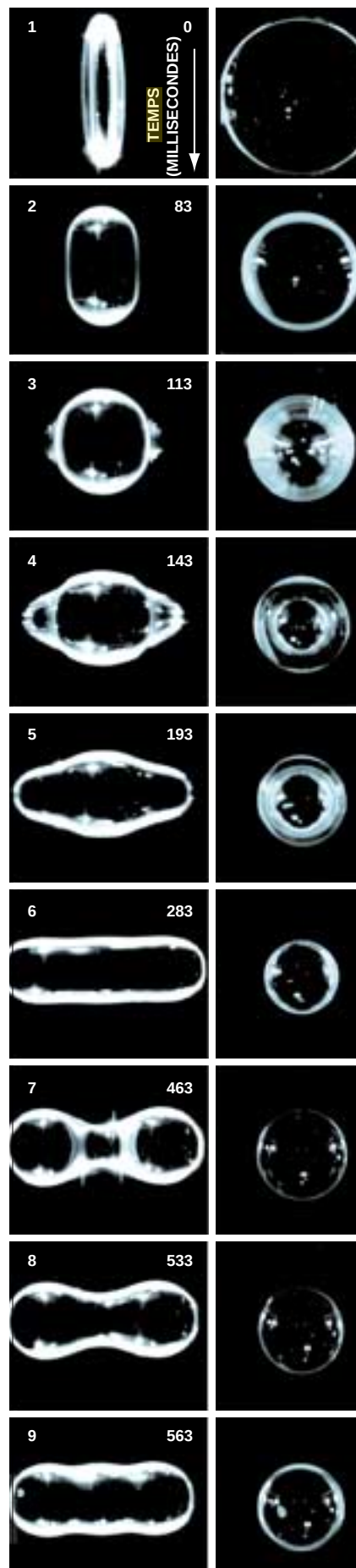
Les déformations de faible amplitude des gouttes liquides sont maintenant si bien comprises théoriquement que l'on prédit les conséquences de l'introduction d'une petite quantité de molécules tensioactives (qui donnent leur pouvoir détergent au savon) à une goutte d'eau pure. En revanche, les déformations 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