

au cours desquels le sol est partiellement détrempé. De tels dépôts sont instantanés à l'échelle des temps géologiques.

L'observation à fort grossissement révèle que les cristaux de carbonate ainsi que les surfaces des cristaux en contact avec le sol sont couverts d'objets cylindriques à terminaisons arrondies, de 100 à 600 nanomètres de longueur. Ces structures ressemblent à celles qui ont été trou-

vées dans ALH84001 et que l'équipe de la NASA a considérées comme des fossiles martiens. Jusqu'à présent, on n'en avait jamais observé ailleurs.

Dans le cas de Tatahouine, leur origine terrestre ne fait aucun doute. Il n'y en a pas dans les fragments prélevés en 1931, et les mêmes petits cylindres ont été observés sur d'autres objets récoltés dans le sol environnant, des gravillons et une vieille pièce de monnaie. S'agit-il

de précipités minéraux ou de restes d'organismes? Dans ce dernier cas, ils seraient deux à dix fois plus petits que les plus petites bactéries connues aujourd'hui. Des biologistes explorent aujourd'hui cette hypothèse. Si elle se confirme, une météorite aura, pour la première fois, permis la découverte de... nouveaux terriens.

J.A. BARRAT, Université d'Angers,
P. GILLET, ENS de Lyon

L'oreille absolue

Ce «don» a une composante génétique, mais ne s'exprime qu'avec une pratique précoce de la musique.

Mozart identifiait sans jamais se tromper n'importe quelle note émise par n'importe quel instrument, même isolée de tout contexte musical : il avait ce que l'on nomme l'oreille absolue. Ce don était-il inné? Était-ce une faculté qui résultait de sa pratique instrumentale précoce? Nous l'ignorons, mais quelques équipes ont précisé la question : elles ont montré que l'oreille absolue s'exprime préférentiellement chez les musiciens qui ont commencé à étudier la musique dans la petite enfance.

Siamak Baharloo et ses collègues de l'Université de San Francisco ont étudié 620 musiciens professionnels qui devaient reconnaître quarante notes par séries de dix, émises à trois secondes d'intervalle et pendant une seconde. Toutes les notes des sept premières octaves étaient indiquées sur un tableau, et les personnes testées

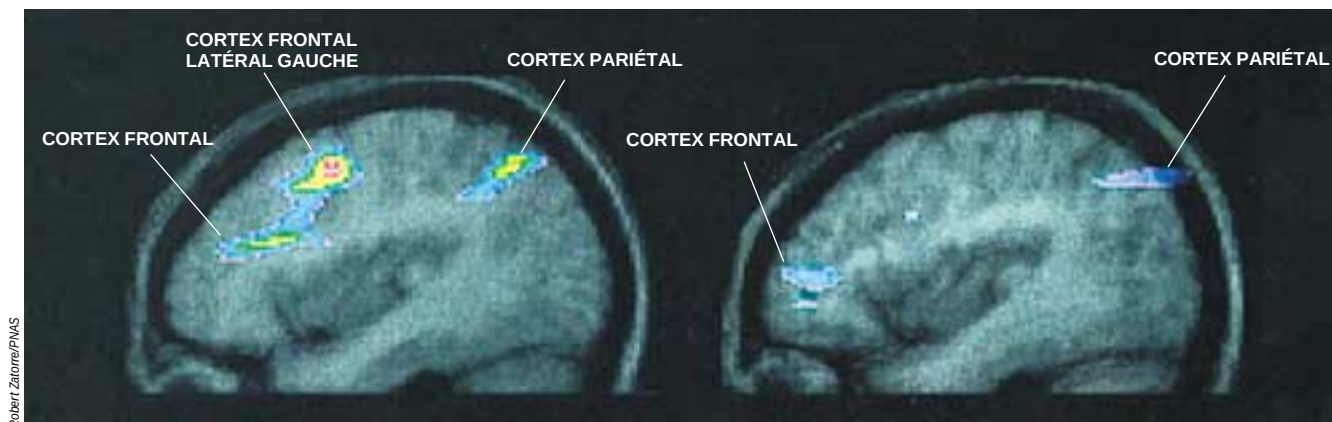
devaient identifier sur le tableau les notes qu'elles entendaient : la reconnaissance des notes est immédiate et infaillible chez les personnes qui ont l'oreille absolue.

Dans la population générale, la proportion des personnes ayant l'oreille absolue est inférieure à un pour cent, mais 15 pour cent des musiciens testés l'avaient. De surcroît, l'âge où les enfants commencent à étudier la musique influe sur leurs chances d'avoir l'oreille absolue quand ils seront adultes : la moitié de ceux qui ont commencé à apprendre la musique avant l'âge de quatre ans l'ont, le tiers de ceux qui ont commencé entre quatre et six ans et deux pour cent seulement de ceux qui ont commencé après 12 ans. Pour rechercher un éventuel gène de l'oreille absolue, l'équipe californienne va collecter des échantillons de sang de personnes appartenant à des familles où plusieurs membres ont l'oreille absolue.

Quels sont les mécanismes cérébraux spécifiques des personnes ayant l'oreille absolue? Robert Zatorre et ses collègues de l'Université McGill, à Montréal, ont utilisé la tomographie par émission de positons pour rechercher les bases neuronales de l'oreille absolue. Ils ont mesuré le flux sanguin cérébral

chez des personnes ayant l'oreille absolue à qui l'on faisait entendre des notes de musique et chez des musiciens qui n'avaient pas cette capacité. Comme prévu, l'audition se traduisait par une augmentation du débit sanguin dans les aires du cortex auditif des deux groupes. De surcroît, chez les personnes ayant l'oreille absolue, une région du cortex frontal latéral gauche est spécifiquement activée. Or cette région intervient dans l'apprentissage des associations réflexes. Ainsi, les personnes ayant l'oreille absolue attribueraient un nom à une note, sans faire appel aux zones cérébrales «de travail» : dès qu'ils entendent une note, ils la nomment spontanément, par une sorte d'association réflexe.

Simultanément, l'imagerie médicale fournit d'autres données : les personnes ayant l'oreille absolue ont une région du cerveau, le planum temporale, plus développée que la moyenne. Or, même si l'on ignore le rôle précis de cette zone, on sait qu'elle contient des neurones du cortex auditif dont les terminaisons atteignent la zone postérieure du cortex frontal latéral gauche, précisément la région activée lors de l'examen par tomographie par émission de positons, chez les personnes ayant l'oreille absolue.



Dans le cerveau des musiciens à qui l'on fait entendre des sons purs, les zones du cortex frontal et du cortex pariétal sont activées, comme le montre un examen par tomographie par émission de positons. Chez

les musiciens ayant l'oreille absolue (à gauche), une zone spécifique, localisée dans le cortex frontal latéral gauche, s'active. Ce n'est pas le cas chez les musiciens n'ayant pas l'oreille absolue (à droite).

Pontages hélicoïdaux

Les pontages coronariens seraient plus efficaces s'ils avaient une structure hélicoïdale : Colin Caro, biophysicien de l'Imperial College, à Londres, a montré que les vaisseaux présentant une telle structure facilitent l'écoulement du sang, tout comme une bouteille pleine d'eau se vide plus rapidement quand on fait tourner le liquide.

Bacille de la tuberculose

la tuberculose tue plus de trois millions de personnes dans le monde, continue à se répandre dans les pays en développement et réapparaît dans les pays industrialisés. Le génome du bacille de la tuberculose a été entièrement séquencé par l'équipe de Stewart Cole, de l'Institut Pasteur, et une équipe britannique, ce qui facilitera l'identification des gènes de résistance à certains antibiotiques, de latence (la bactérie se terre dans l'organisme infecté, mais n'est pas éliminée) et de virulence (la maladie est plus ou moins grave selon la souche contaminante).

Le déclin des mâles

La proportion de nouveau-nés garçons par rapport aux filles augmente après les guerres. Nul n'a pu expliquer ce phénomène en termes physiologiques, aussi a-t-on invoqué la providence divine qui pourvoyait ainsi au remplacement des soldats morts au champ d'honneur. Le surplus de garçons par rapport aux filles est en train de diminuer, faiblement, mais certainement, dans les pays développés. Pourquoi, nul ne le sait, mais l'absence de cause identifiée amène à accuser la pollution, l'anti-providence moderne.

Des parfums sur la toile

Un brevet (EP 831 384) a été déposé : l'objet de l'invention porte sur un dispositif distributeur de parfums, commandé par des instructions liées au message véhiculé sur l'Internet. Un texte traitant des forêts déclencherait ainsi la libération d'arômes forestiers préalablement encapsulés dans les ordinateurs, un article sur les océans serait accompagné d'odeurs iodées. Les déclarations passionnées des messageries roses auraient pour accompagnement des senteurs torrides de fleurs entêtantes.

Kampala : la campagne à la ville

Les crises politiques et économiques africaines modifient le paysage urbain.

Pour étudier les relations entre violence et urbanisation en Afrique, Bernard Calas, géographe à l'Université de Saint-Étienne, partit en 1988 à Kampala, capitale de l'Ouganda, où la guerre avait fait rage pendant 20 ans. Kampala avait été épargnée par les combats, mais la ville avait été occupée par l'armée qui pillait, violait et terrorisait la population. À ces maux s'ajoutait un effondrement économique dû à la guerre. Pourtant, la ville continua à croître, alimentée par un nombre croissant de ruraux déracinés, notamment ceux qui fuyaient les zones de combat.

Comment survivaient les citadins, anciens et nouveaux ? En cultivant d'abord leurs jardins. À l'exception d'un quartier de type européen qui rassemble les administrations, l'agglomération urbaine est parsemée de champs : 40 pour cent des ressources alimentaires kampalaises sont produites en ville. Les citadins ne pouvaient survivre à l'aide de leur seul salaire (le pouvoir d'achat associé au salaire minimal de 1984 équivalait à dix pour cent de celui de 1972), et recherchaient des revenus complémentaires : une classe de salariés-commerçants-cultivateurs est apparue. La culture assurait aussi l'approvisionnement urbain, l'acheminement des produits de la campagne étant handicapé par la détérioration du réseau

routier, la réduction du nombre de véhicules et les barrages militaires sur les routes.

Socialement, il n'y a pas non plus de rupture entre milieux ruraux et urbains : le réseau familial est étendu, et les familles sont réparties entre la ville et la campagne. Ces réseaux familiaux protègent citadins et ruraux : lorsque l'argent manque en ville, les ruraux envoient de la nourriture et accueillent les enfants des villes ; lorsque les combats dévastent les campagnes, ou en période de sécheresse, les citadins envoient matériel agricole et argent. Ces milieux sont complémentaires dans un réseau de « protection sociale » assuré par les familles (l'État ne dispense aucune aide).

Avec la reprise économique, commençant à Kampala en 1986, le retour de la confiance et des capitaux étrangers inversent-ils la situation, en redonnant à la ville un visage plus urbain au sens européen ? Non, au contraire : le système « agro-rurbain » mis en place pendant la guerre se perpétue, car les inégalités se creusent entre les classes sociales qui bénéficient de la reprise (employés qualifiés, commerçants) et les autres (petits fonctionnaires, ruraux déracinés, etc.). Le système agro-rurbain, qui produit des biens alimentaires bon marché, assure la survie des plus pauvres. Le tissu de solidarités familiales modère ainsi des effets négatifs du libéralisme.

B. Calas poursuit ses recherches dans d'autres villes d'Afrique orientale, telles Zanzibar et Dar-Es-Salaam, en Tanzanie, et Nairobi, au Kenya, qui souffrent de graves crises économiques, mais pas de violences. Les formes d'urbanisation de ces villes sont similaires à celles de Kampala : le développement des systèmes agro-rurbains n'est pas spécifique d'un contexte de violence.



Le paysage de la ville de Kampala s'est « ruralisé » lors de la crise militaire, politique et économique qui a sévi entre 1966 et 1986. L'auto-suffisance alimentaire a ainsi été assurée.

La masse du neutrino

L'expérience SuperKamiokande découvre les oscillations des neutrinos.

En 1931, Wolfgang Pauli postulait l'existence d'une particule dénommée neutrino dont l'énergie compensait le déficit énergétique observé dans la désintégration bêta des noyaux radioactifs. Sa masse, comme celle du photon, était alors considérée comme nulle, mais aujourd'hui, cette hypothèse est remise en question : une équipe américano-japonaise vient d'annoncer l'existence d'un neutrino massif.

Le neutrino est une particule neutre qui n'interagit avec la matière que par l'intermédiaire de la force nucléaire faible, l'une des quatre forces de la nature. Cette force n'agit qu'à très faible distance et l'étude du neutrino n'en est que plus délicate : la plupart des neutrinos traversent la Terre sans interagir.

La traque des neutrinos a commencé dans les années 1950 et l'on a découvert non pas un neutrino, mais trois, chacun associé à une famille de leptons, des particules insensibles à la force nucléaire forte. Les physiciens ont identifié trois familles de leptons : celle de l'électron, celle du muon et celle du tau. Chaque famille comprend des représentants chargés, comme l'électron, et des particules neutres, tel le neutrino.

Lors d'une réaction nucléaire, un électron peut se transformer en un neutrino. Si les neutrinos ont une masse strictement nulle, la physique des particules stipule que ces échanges doivent se faire en famille : un neutrino électronique ne peut se changer en neutrino muonique. En revanche, si les neutrinos ont une masse, les échanges peuvent se faire « en dehors du clan ». Ainsi, un neutrino électronique peut se changer en neutrino muonique au cours du temps, et réciproquement. On nomme un tel changement une « oscillation des neutrinos ». La probabilité de changement dépend de deux facteurs : la différence des carrés des masses entre les neutrinos échangés et la durée entre l'instant de leur formation et l'instant de leur interaction (dénommée temps de vol).

Plus ce temps de vol est long, plus les neutrinos oscillent. Pour étudier des neutrinos dont le temps de vol varie, on

mesure la distance parcourue entre le point de formation du neutrino (sa source) et son point de disparition (l'interaction).

L'expérience *SuperKamiokande*, située au Japon, étudie les neutrinos atmosphériques. Lorsque les protons du rayonnement cosmique entrent en collision avec des atomes de la haute atmosphère, à dix kilomètres d'altitude, des gerbes de particules contenant des neutrinos sont émises. Le détecteur reçoit des neutrinos qui proviennent de toute l'atmosphère et qui ont parcouru des distances différentes : les neutrinos créés à la verticale du détecteur ont parcouru une dizaine de kilomètres, tandis que ceux créés aux antipodes du détecteur ont traversé toute la Terre, soit près de 13 000 kilomètres. Ainsi, la direction d'arrivée des neutrinos indique la distance parcourue, donc leur temps de vol, car on connaît leur vitesse.

Installé dans une mine, à 700 mètres de profondeur pour éviter la contamination par d'autres particules, le détecteur de *SuperKamiokande* est constitué d'une cuve cylindrique remplie de 50 000 tonnes d'eau très pure. Toutes les heures environ, un neutrino atmosphérique interagit

avec un quark contenu dans un noyau d'oxygène de l'eau. Une particule chargée de haute énergie, un électron ou un muon, est alors émise. Cette particule poursuit son chemin quelques mètres dans l'eau avant d'être absorbée.

Lors de ce déplacement, un cône de lumière est émis ; la lumière est alors enregistrée par quelques-uns des 13 000 photomultiplicateurs qui couvrent la paroi interne de la cuve. De l'analyse de cette lumière, on déduit la direction de la particule, son énergie et sa nature. Grâce à cette détermination, on sait quel type de neutrino a interagi dans la cuve, car un neutrino électronique produit un électron et un neutrino muonique, un muon.

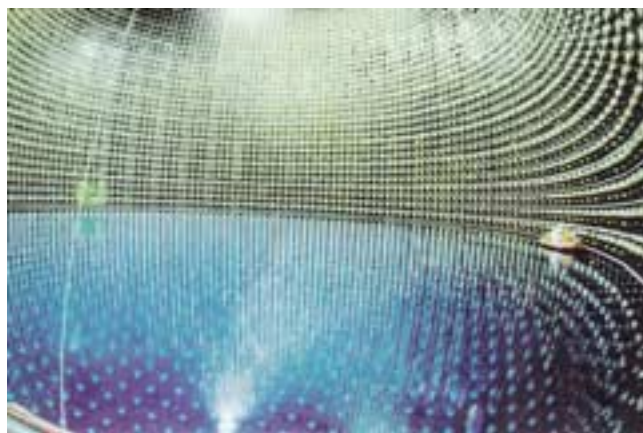
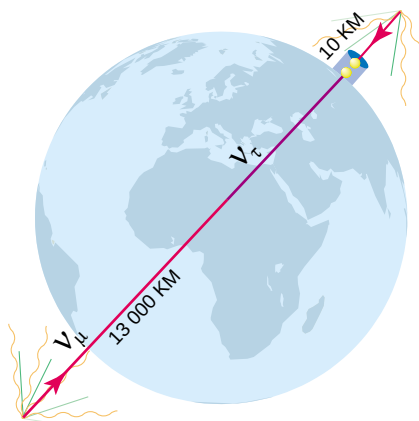
Quels sont les résultats ? Connaissant, par une autre méthode, combien de neutrinos électroniques et de neutrinos muoniques sont produits dans l'atmosphère, les résultats de *SuperKamiokande* montrent que certains neutrinos muoniques produits disparaissent, tandis que les neutrinos électroniques sont stables (en accord avec les résultats de l'expérience de Chooz, publiés en 1997).

Les neutrinos muoniques disparaîtraient, parce qu'ils se transformeraient en neutrinos tauïques. Or, de tels échanges entre familles n'ont lieu que si les particules ont une masse. On en déduit que ces deux neutrinos ont une masse, mais aucune valeur ne peut être déduite de cette observation (au mieux connaît-on la différence du carré de leur masse).

Si les résultats de *SuperKamiokande* sont probants, ils supposent, toutefois, que l'on connaisse bien la source des neutrinos atmosphériques. Or, les incertitudes sur le flux de ces neutrinos sont voisines de 15 pour cent. Pour confirmer les oscillations, les physiciens projettent des expériences qui utiliseront des sources connues de neutrinos, tels les accélérateurs de particules.

La première étape aura encore lieu au Japon, où l'on dirigera un faisceau de neutrinos de l'accélérateur KEK, près de Tokyo, vers le détecteur de *SuperKamiokande* situé à 250 kilomètres. Le faisceau sera prêt au printemps 1999, et il faudra trois ans pour accumuler 600 événements. Un programme européen projette d'envoyer un faisceau entre le CERN et le tunnel du Gran Sasso, en Italie, à 730 kilomètres. Si les décisions sont prises rapidement, le faisceau et les détecteurs seront prêts en 2003.

Yves DECLAIS, Institut de physique nucléaire de Lyon



La cuve de 50 000 tonnes d'eau de *SuperKamiokande* (en bas), ici à moitié remplie, est recouverte de 13 000 photomultiplicateurs. Ces derniers enregistrent la lumière émise par l'interaction d'un neutrino venant de l'atmosphère avec un quark contenu dans un noyau d'oxygène de l'eau très pure de la cuve. Les neutrinos détectés sont créés dans l'atmosphère, vers dix kilomètres d'altitude (en haut). Plus la distance parcourue est grande, moins on détecte de neutrinos muoniques (ν_μ), car ils se sont transformés en neutrinos tauïques (ν_τ).