

Lancements maritimes

La plate-forme de lancement de fusées est opérationnelle.

La guerre des étoiles n'est plus militaire, mais économique. Après les nations, ce sont les grands groupes industriels qui s'engagent dans la course à l'espace. Ainsi un consortium baptisé *Sea Launch* se prépare à lancer des fusées à partir d'une plate-forme pétrolière reconvertie en pas de tir semi-submersible.

Des centaines de nouveaux satellites devront bientôt être mis en orbite autour de la Terre et, dans une optique industrielle de lancement, la fiabilité cède le pas à la rentabilité : des fusées de fiabilité de 80 pour cent seulement ont des coûts de lancement bien inférieurs à ceux des lancements actuels.

Le consortium (qui regroupe l'américain *Boeing*, l'armateur anglo-norvégien *Kvaerner* et des constructeurs de fusées russes et ukrainiens) réutilise du matériel ancien, moins fiable, mais meilleur marché.

Le pas de tir comporte deux bâtiments : la plate-forme mobile *Odyssey* et le navire de commandement *Sea Launch-Commander*. À Vyborg et à Saint-Petersbourg, ces bâtiments ont reçu leurs derniers équipements, dont un système de guidage des fusées et les terminaux de commande. Dans le courant de l'été, les deux bâtiments quitteront la Russie pour le port de Long

Beach, en Californie, situé près des centres de production des satellites. Le lanceur se trouve déjà à bord du bateau et le premier satellite prendra place sous sa coiffe. La fusée montée sera ensuite transférée sur la plate-forme de tir.

La plate-forme et le navire de commande se rendront alors vers les îles Gilbert (République de Kiribati), à 2 500 kilomètres d'Hawaii, d'où le lanceur sera tiré pour la première fois au mois d'octobre. Le lancement est automatique : la plate-forme est évacuée et le navire s'éloigne à cinq kilomètres. La fusée est alors érigée, les réservoirs sont remplis de kérosène et d'oxygène liquide (stockés à bord de la plate-forme) et le tir est effectué.

La zone de lancement est proche de l'équateur, où la vitesse de rotation de la Terre est maximale. L'économie est de taille : lancée de l'équateur, la fusée *Zénit* met en orbite une charge utile de cinq tonnes, tandis que de Baïkonour, située à 51 degrés de latitude, cette même fusée ne place en orbite que deux tonnes.

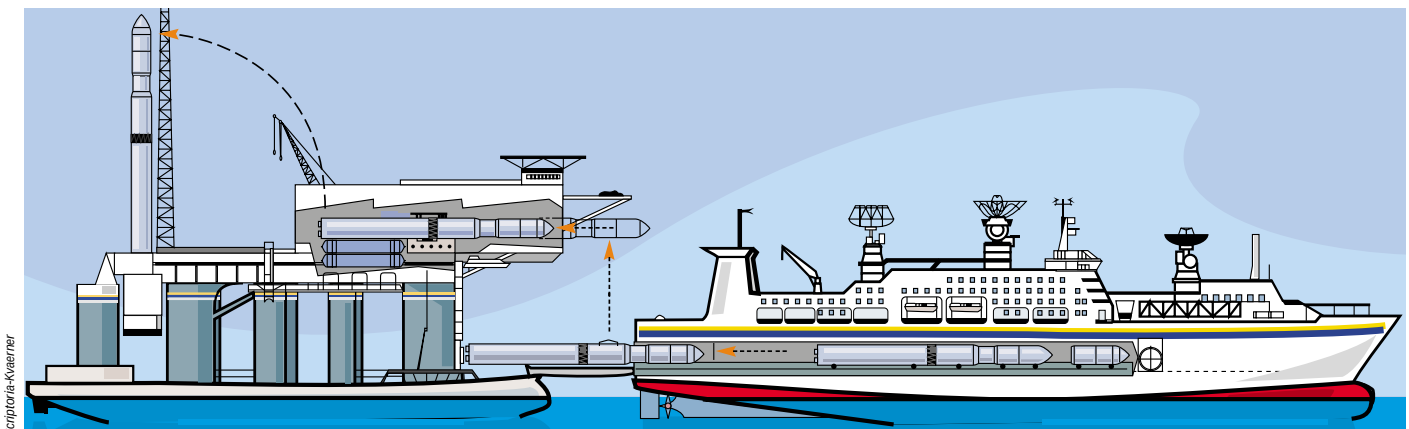
Les ingénieurs envisagent de transborder la fusée sur la plate-forme à quai. Dans un an ou deux seulement, lorsque le pas de tir sera opérationnel, le navire transportera deux fusées, voire trois, et le transfert se fera en mer. En effet, le transbordement en pleine mer d'une fusée entre deux bâtiments non solidaires est une opération délicate : le moindre choc endommage irrémédiablement une fusée.

Sur un pas de tir de la taille d'une plate-forme pétrolière, l'espace est limité : les réservoirs de stockage du kérosène et de l'oxygène liquide sont distants de moins d'une centaine de mètres. Le danger d'accident en est augmenté.

Avant le tir, l'alignement des centrales à inertie du lanceur nécessite une immobilité quasi parfaite. Sur *Ariane*, cette phase dure 45 minutes, où seuls les mouvements dus au remplissage des réservoirs de la fusée sont tolérés. Pour l'alignement des centrales en mer, les ingénieurs utiliseront le dispositif de positionnement global par satellite (GPS). Seuls des mouvements verticaux du lanceur inférieurs à cinq centimètres seront admissibles. Si la hauteur des vagues reste inférieure à trois mètres, la plate-forme, enfoncée de 17 mètres dans la mer, sera alors suffisamment stable. Selon les responsables de *Sea Launch*, les relevés météorologiques de la région sont «encourageants». Lors du décollage, des mouvements de contrepoids garantiraient la stabilité de la structure semi-submersible.

La fiabilité d'un lanceur constitué du premier et du deuxième étage de la fusée *Zénit*, et du moteur du troisième étage de la fusée *Proton*, utilisée à Baïkonour sera-t-elle suffisante ? Ce moteur a connu tant de difficultés d'allumage (dont l'une est à l'origine de la perte de la sonde russe *Mars 1996*) que, sur le lanceur *Proton*, les Russes ont décidé de le remplacer !

Premier tir en octobre.



Le lanceur *Sea Launch* sera assemblé à bord du bateau accompagnateur, dans le port de Long Beach, en Californie, puis transbordé sur la plate-forme de lancement. Les deux bâtiments autonomes se dirigeront alors vers l'équateur, près des îles Gilbert. Commandée du navire, la phase automatique de mise à feu

commencera : érection du lanceur, remplissage en kérosène et en oxygène liquide, alignement des centrales à inertie. Durant cette période, la plate-forme sera enfoncée de 17 mètres dans la mer, ce qui assurera la stabilité. Le bateau de commandement mesure 200 mètres de longueur.

Hello, le Soleil vibre...

Les éruptions solaires créent des ondes sismiques.

Comme une gigantesque cloche sphérique, le Soleil vibre, et les premières observations des mouvements de sa surface datent de 1960. Aujourd'hui, on étudie le déplacement de la surface au moyen d'instruments placés sur *SOHO*, l'observatoire spatial solaire. Alexander Kosovichev, de l'Université Stanford, et Valentina Zharkova, de l'Université de Glasgow, ont ainsi, pour la première fois, observé l'onde sismique déclenchée par une éruption solaire.

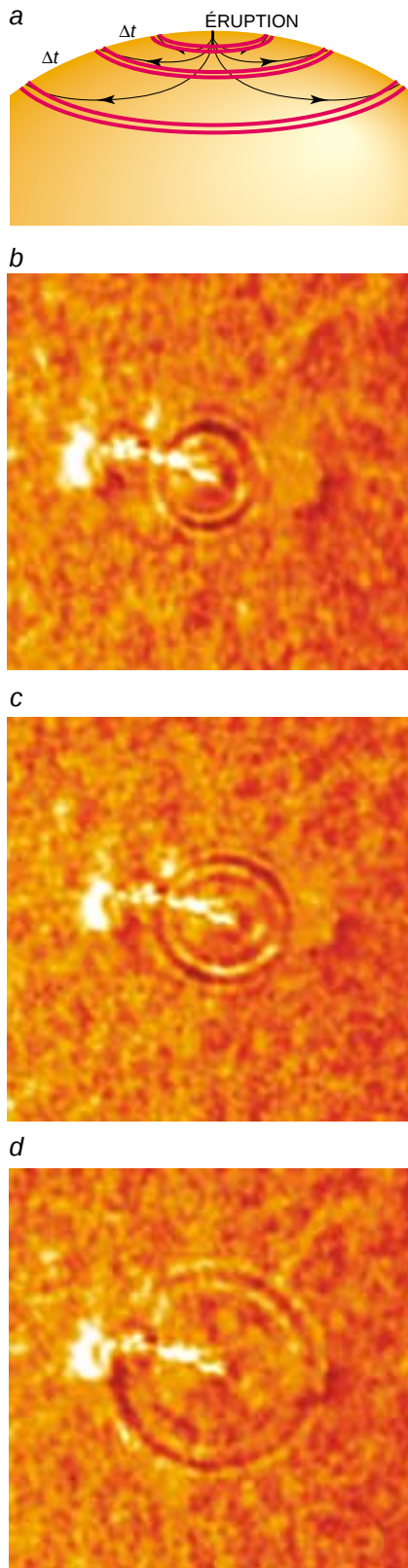
Dans le Soleil, les éruptions émettrices de rayons X résultent de la formation sporadique de tubes de champ magnétique où les électrons de haute énergie sont canalisés. À la surface du Soleil, ces électrons ont un double effet : ils entrent en collision avec les ions de l'atmosphère, ce qui déclenche une bouffée de rayons X ; ils chauffent le plasma ambiant qui engendre une onde de choc, l'onde sismique.

Le 9 juillet 1996, alors que l'activité magnétique du Soleil était faible, une éruption X s'est produite. Grâce à la caméra Doppler-Michelson de *SOHO*, les astronomes ont décelé un fort mouvement ascendant et descendant du gaz à proximité de l'éruption. Avec cet instrument, les astrophysiciens mesurent les variations de la longueur d'onde de la lumière émise en des millions de points du Soleil. Selon que ces points s'éloignent ou s'approchent radialement de la caméra, la longueur d'onde de la lumière augmente ou diminue en raison de l'effet Doppler. Après dépouillement des 35 minutes d'enregistrements, on a reconstitué l'évolution de l'onde sismique en fonction du temps.

L'éruption a créé, dans la surface solaire, une onde qui s'est éloignée de l'épicentre. Le front d'onde s'est d'abord éloigné à 30 kilomètres par seconde, puis il a atteint 100 kilomètres par seconde avant de se dissiper.

Pourquoi cette accélération ? Parce que les ondes sont la manifestation en surface d'ondes sismiques à trois dimensions qui s'enfoncent dans le Soleil. Ces ondes se propagent à une vitesse qui croît avec la température. Comme, dans le Soleil, la température augmente avec la profondeur, leur vitesse augmente et le front d'onde en surface accélère (voir le schéma).

Maintenant qu'ils savent que les éruptions solaires créent des ondes sismiques observables, les astronomes vont les rechercher plus systématiquement.



Les ondes sismiques, créées par l'éruption solaire du 9 juillet 1996, s'enfoncent dans le Soleil (a). À des intervalles de temps égaux (Δt), ces ondes parcourent des trajets plus longs, mais plus rapidement, de sorte que le front d'onde à la surface (en rouge) accélère. Sur les reconstitutions (b, c, d), l'écart entre deux images est de dix minutes et le diamètre final est égal à 250 000 kilomètres.

BRÈVES

Changement de sexe

Quand deux femelles de *Gobio histrio*, un petit poisson, se rencontrent au détour d'un massif de corail, l'une d'entre elles se transforme souvent en mâle. Dans des conditions symétriques, les mâles se transforment en femelle. Ce comportement est un avantage adaptatif : plutôt que courir la grande aventure, dans la mer dangereuse, à la recherche d'un partenaire, plutôt changer de sexe sur place !

Première lumière

Le premier des quatre télescopes du très grand télescope européen (VLT) est achevé. Le 24 mai, son miroir de 8,20 mètres de diamètre a capté pour la première fois la lumière d'un astre lointain. Un dispositif de 300 vérins hydrauliques soutient et ajuste la forme du miroir avec une précision de l'ordre du micromètre. Lorsqu'il sera achevé, en 2002, le télescope sera l'instrument le plus sensible au monde, capable de traquer les premières galaxies et les planètes extra-solaires.



Volcans réfrigérants

Une trentaine d'énormes éruptions volcaniques ont refroidi l'hémisphère Nord au cours des 600 dernières années. K. Briffa et ses collègues, de l'Université d'East Anglia, à Norwich, ont associé les températures estivales basses, enregistrées par les cernes des arbres, et les plus fortes éruptions volcaniques. L'amplitude du refroidissement indique la puissance de l'éruption (la quantité de cendres et de gaz qui interceptent le rayonnement solaire). L'éruption du Huaynaputina, au Pérou, en 1600, responsable d'un refroidissement de 0,8°C pendant l'été 1601, serait la plus forte éruption de cette période historique, supérieure à celles du Krakatoa en 1883 et du Pinatubo en 1991.

Dépistage précoce de la dyslexie

Le dépistage de la dyslexie, difficulté de lecture et d'écriture frappant dix pour cent des enfants scolarisés, est trop tardif. En systématisant le dépistage dès trois ans, les enfants dyslexiques suivront plus tôt une rééducation appropriée, avant l'apprentissage de la lecture au cours préparatoire. Plusieurs tests de dépistages existent pour les jeunes enfants, et ils sont bien acceptés parce que ludiques.

Suite page 22

Mots à gauche, images à droite

Comment mémorisons-nous les objets que nous voyons? Si ce sont des mots, plutôt avec l'hémisphère gauche de notre cerveau. Si ce sont des visages inconnus, que nous ne pouvons décrire simplement avec des mots, c'est l'hémisphère droit qui est le plus actif. Selon une équipe de l'Université Washington, les mémoires verbale et non verbale sont associées lorsque nous devons mémoriser des objets dont nous connaissons les noms, et nous nous souvenons mieux de ces derniers que de mots ou d'images seuls.

Cyclope et cholestérol

Les brebis qui mangent un lis sauvage mettent au monde des agneaux cyclopes. Or, cette plante contient une toxine dont deux équipes américaines viennent de montrer qu'elle perturbe la synthèse et le transport du cholestérol au cours de l'embryogenèse. Voici une nouvelle fonction pour cette molécule essentielle du métabolisme de l'adulte, et une nouvelle voie de recherche pour les anomalies de développement de l'embryon.

Une faune durable

Les plus anciens animaux connus, regroupés sous le nom de «faune d'Ediacara» sont des créatures au corps mou, dont les fossiles ont été préservés dans plusieurs formations sédimentaires



de 600 à 544 millions d'années. Les paléontologues pensaient qu'ils s'étaient éteints ou transformés avant la diversification de la vie animale au début du Cambrien, il y a 540 millions d'années.

On se trompait. Sören Jensen, de l'Université de Cambridge, et ses collègues, ont découvert, en Australie, des fossiles de la faune d'Ediacara dans les mêmes couches sédimentaires que des animaux apparus au Cambrien.

Gauche, droite : à égalité

Une équipe anglaise a montré que, contrairement à l'opinion commune, la durée de vie des gauchers n'est pas inférieure à celle des droitiers. L'enquête a porté, à neuf ans d'intervalle, sur six mille britanniques. Bien que les gauchers vivent dans un environnement conçu pour les droitiers, leur espérance de vie est analogue.

Suite page 24

De Mars à Tatahouine

Des structures minérales qui étayeraient l'hypothèse de vie sur Mars se forment aussi sur Terre.

En août 1996, une équipe de la NASA annonce la découverte de traces de vie dans une météorite d'origine martienne, nommée ALH84001 et ramassée en 1984 dans les glaces de l'Antarctique. Les indices de vie les plus convaincants sont des dépôts de carbonate et, dans ces dépôts, des structures allongées de quelques dizaines à quelques centaines de nanomètres de long. Ces structures pourraient être des fossiles de bactéries. Des extraterrestres prennent forme... microscopique.

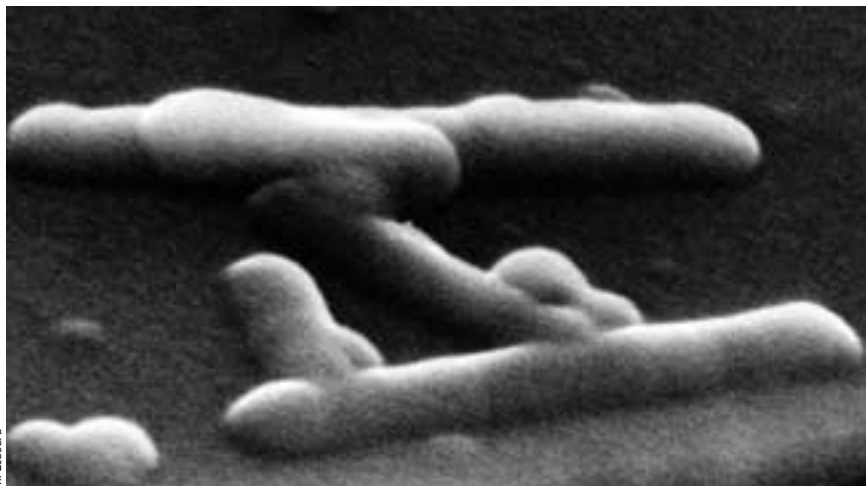
L'interprétation en termes de vie des structures allongées a suscité des polémiques. Bien que l'origine martienne des dépôts de carbonate ne fasse aucun doute, leurs conditions de formation restent âprement discutées : sont-elles compatibles avec la vie? De plus, on ne connaissait pas de forme de vie de si petite taille sur Terre. Or nous avons trouvé, dans les débris d'une météorite tombée il y a 67 ans dans le Sud de la Tunisie, des objets allongés tout à fait semblables à ceux de la météorite martienne, et qui pourrait correspondre à des restes d'organismes.

Revenons à l'histoire de la météorite de Tatahouine : dans la nuit du 27 juin 1931, les habitants de Tatahouine, en Tunisie, sont réveillés par un fort grondement, accompagné d'une lueur intense durant une demi-minute. Après quelques

recherches, les militaires français découvrent des fragments d'une roche curieuse dont les spécialistes reconnaissent l'origine extraterrestre. Ils en expédient quelques morceaux au Muséum national d'histoire naturelle de Paris, où ils sont toujours. En 1994, Alain Carion, un collectionneur, retourne sur le site d'impact et récolte de nouveaux fragments de la météorite.

La météorite de Tatahouine ressemble beaucoup à ALH84001. Elles sont toutes les deux composées presque exclusivement de cristaux de couleur vert olive, de l'orthopyroxène, un silicate de fer et de magnésium. En examinant au microscope électronique des échantillons collectés en 1994, nous avons eu la surprise de découvrir à l'intérieur de certaines fractures des agrégats de calcite, un carbonate de calcium. Ces agrégats, plus petits qu'une tête d'épingle, se sont formés sur la Terre : leurs compositions isotopiques en oxygène et en carbone sont quasi identiques à celles des carbonates du sol où la roche a séjourné, et on n'a observé aucun agrégat de calcite dans l'échantillon recueilli en 1931.

Ces carbonates sont particulièrement intéressants : les traces de vie supposées dans ALH84001 sont associées à de petits grains de carbonate, formés il y a plusieurs milliards d'années sur Mars, dans des conditions qui ne sont toujours pas connues. Ainsi, selon les hypothèses, leur température de formation s'échelonne de 0 à 700 °C. Jusqu'à présent, tous les modèles de formation des carbonates dans ALH84001 supposaient que la roche était saturée de fluides et que le dépôt avait eu lieu en une seule fois. Les observations faites sur la météorite de Tatahouine incitent à penser que les carbonates s'y sont formés lors de différents épisodes pluvieux,



Ces structures d'environ 500 nanomètres de long se sont formées sur Terre, dans les fragments d'une météorite qui ont séjourné dans le sol de la Tunisie pendant plus de 60 ans. Elles ressemblent aux «fossiles martiens» découverts dans une autre météorite.

au cours desquels le sol est partiellement détrempe. 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

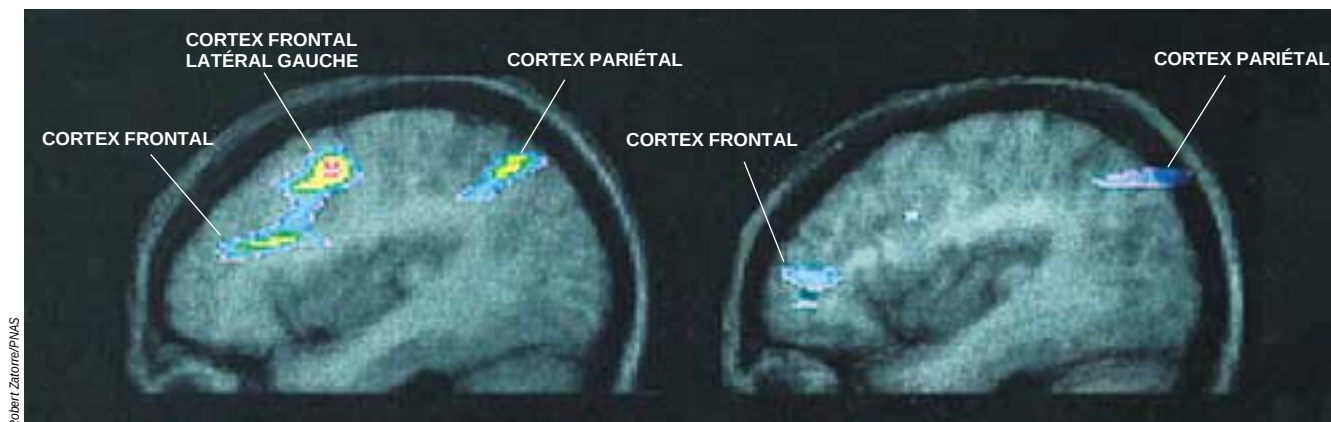
devaient identifier sur le tableau les notes qu'elles entendaient : la reconnaissance des notes est immédiate et infaillible chez les personnes qui ont l'oreille absolue.

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).