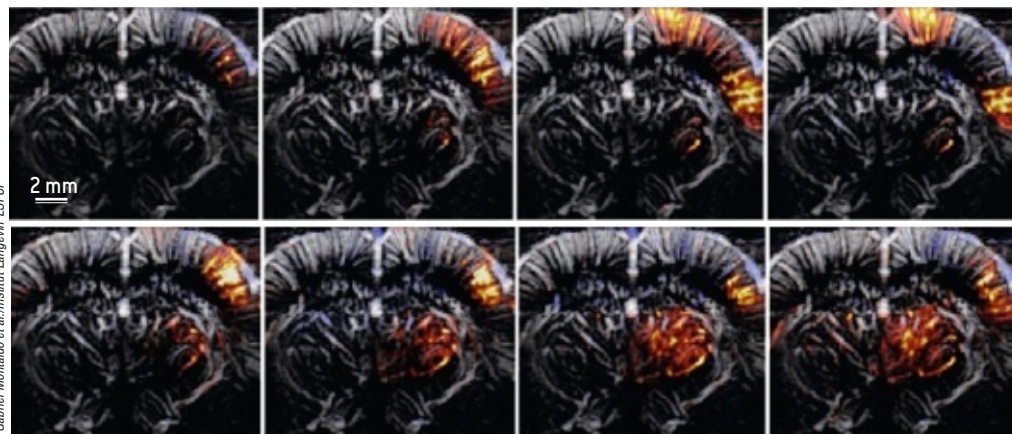


Imagerie

Des ultrasons pour voir fonctionner le cerveau

Une équipe parisienne a mis au point une technique d'imagerie cérébrale fonctionnelle utilisant l'échographie ultrasonore, avec une résolution spatiale et temporelle bien meilleure qu'avec les autres méthodes.



Gabriel Montaldo et al./Institut Langevin-ESPCI

Ces images du cerveau d'un rat sont extraites de deux séquences d'imagerie fonctionnelle par ultrasons, chaque séquence montrant la propagation de l'activité cérébrale lors d'une crise d'épilepsie [déclenchée par l'injection d'un produit dans le cortex cérébral de l'animal]. Les images successives sont séparées ici de 15 secondes (rangée du haut) et 10 secondes (rangée du bas).

Sous la direction de Mickaël Tanter et Mathias Fink, une équipe de l'Institut Langevin à l'ESPCI Paris Tech (CNRS, INSERM), en collaboration avec le Centre hospitalier universitaire Pitié-Salpêtrière, a conçu une technique d'échographie ultrasonore qui permet de visualiser et suivre l'activité cérébrale d'un rat.

Sa résolution spatio-temporelle est inégalée : 0,1 millimètre dans le plan de l'image et 0,2 millimètre dans la profondeur pour la résolution spatiale, 0,2 seconde pour la résolution temporelle. En comparaison, l'imagerie par résonance magnétique (IRM) et la tomographie par émission de positrons (TEP) ont une résolution spatiale de l'ordre du millimètre et une résolution temporelle de plusieurs secondes.

L'échographie classique est fondée sur un balayage point par point d'ondes ultrasonores focalisées. Elle est trop lente pour obtenir les cadences, de l'ordre du millier d'images par seconde, nécessaires pour visualiser et suivre la microcirculation sanguine, grandeur directement liée à l'activité cérébrale (quand une région du cerveau s'active, il y a afflux de sang dans cette région).

Le dispositif de l'équipe de M. Tanter consiste, lui, à envoyer à très haute cadence des ondes planes ultrasonores (et non pas focalisées) et à traiter par « retournement temporel » les échos recueillis pour former l'image. En d'autres termes, les échos sont électroniquement inversés et renvoyés comme si l'on voyait un film à l'envers, ce qui permet, en répétant l'opération, de bien localiser les sources des échos et ainsi de construire une image de résolution élevée.

En pratique, la sonde ultrasonore est une barrette de 128 transducteurs piézo-électriques espacés de 0,1 millimètre, placée au-dessus d'une ouverture pratiquée dans la boîte crânienne des rats. Une cadence de 1 000 images par seconde à très haute résolution est obtenue, sur un champ de deux centimètres de côté et de profondeur. Chaque image est construite en combinant celles obtenues avec 17 illuminations différentes (ondes planes d'angles différents). La procédure complète consiste à enregistrer 200 images composites en 0,2 seconde, de façon à obtenir, par un effet de moyenne, une image des flux sanguins avec une haute résolution spatiale.

L'amplitude du signal recueilli pour chaque pixel de l'image fluctue dans le temps avec une fréquence caractéristique qui dépend du mouvement des globules rouges du sang, ce mouvement entraînant un effet Doppler. De ce signal, on peut extraire une grandeur proportionnelle au volume de sang présent dans la région correspondant au pixel considéré. L'image globale est donc une cartographie, à un instant défini avec une résolution de 0,2 seconde, de la répartition du sang dans la « tranche » de cerveau explorée par la sonde.

L'équipe de l'Institut Langevin a ainsi pu visualiser l'activité cérébrale de rats dont on stimulait les moustaches. Les images montrent même l'activation d'une seule colonne neuronale dans le cortex, quand on stimule un seul poil de moustache. De même, les chercheurs ont visualisé la propagation, dans l'espace et le temps, de l'activité cérébrale associée à une crise d'épilepsie (déclenchée en injectant en un point du cortex cérébral un produit approprié).

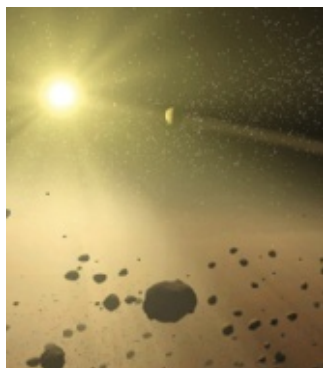
Cette technique d'imagerie fonctionnelle est prometteuse pour l'étude des petits animaux, l'appareillage étant simple, très peu encombrant et bon marché par rapport aux équipements d'IRM ou de TEP. On devrait aussi pouvoir l'adapter pour réaliser de l'imagerie cérébrale sans ouvrir la boîte crânienne, si l'épaisseur de cette dernière n'est pas trop importante. De même, on pourrait l'appliquer à l'homme, par exemple aux bébés à travers les fontanelles, régions peu ossifiées de leur crâne, ou aux adultes lors d'opérations neurochirurgicales à crâne ouvert.

→ Maurice Mashaal

É. Macé et al., *Nature Methods*, en ligne, 2011

Astronomie

Aller-retour vers Mars... pour Jupiter



NASA/JPL-Caltech/T. Pyle

En migrant jusque dans le Système solaire interne, Jupiter aurait participé à la formation des planètes telluriques et à celle de la ceinture principale d'astéroïdes.

Jupiter à la place de Mars ? C'est le scénario envisagé par Alessandro Morbidelli, de l'Observatoire de la Côte d'Azur, et ses collègues pour expliquer les caractéristiques du Système solaire interne. Quelques millions d'années après la naissance du Système solaire, Jupiter, encore en formation, aurait migré vers le Soleil depuis une orbite de trois ou quatre unités astronomiques de rayon (l'unité astronomique, ou UA, est la distance Terre-Soleil) jusqu'à la position actuelle de Mars (1,5 UA). En éjectant la matière sur son chemin, la planète géante aurait tronqué à 1 UA le disque protoplanétaire, lui-même tronqué à 0,7 UA par le Soleil. La région centrale de l'anneau restant, plus dense, aurait formé Vénus et la Terre ; les bords, moins fournis, auraient engendré Mercure et Mars. Dans un deuxième temps, Saturne, une fois formé, aurait à son tour migré vers le Soleil. Son influence aurait fait revenir Jupiter jusqu'à sa position actuelle (5 UA). Ce scénario, testé par des simulations numériques, apparaît compatible avec la formation des planètes telluriques et explique celle de la ceinture d'astéroïdes, entre 2 et 4 UA.

→ Philippe Ribeau-Gésippe

K. J. Walsh et al., *Nature*, en ligne, 5 juin 2011

En bref

LES AVIONS FONT NEIGER

Des physiciens américains ont expliqué pourquoi les avions provoquent dans les nuages un trou ou un canal plus gros que l'appareil, et des chutes de neige. Dans une couche nuageuse surfondue (où l'eau reste liquide jusqu'à -40°C), le passage de l'avion déclenche une baisse de température. Des cristaux de glace naissent dans le nuage refroidi, grossissent et finissent par tomber. De plus, ils libèrent assez de chaleur pour réchauffer l'air autour d'eux et créer un trou pouvant atteindre 100 kilomètres de longueur.

PUNAISE, QUEL VACARME !

Le niveau sonore du chant émis par la punaise d'eau *Micronecta pygmaea*, insecte de deux millimètres de long, peut atteindre 99 décibels ! Par rapport à sa taille, cela en fait le plus bruyant du règne animal, dépassant même celui des grands mammifères tels les éléphants et les baleines. Ce sont les mâles de cette espèce qui produisent ce chant pour attirer les femelles, grâce au frottement de leurs appendices génitaux sur une petite surface.

SE MUSCLER AU VIN ROUGE

L'atrophie des muscles guette les cosmonautes en impesant, condition qui réduit les efforts mécaniques fournis par l'organisme. Y a-t-il un remède autre que l'exercice physique ? L'équipe de Stéphane Blanc (CNRS, Strasbourg) a montré chez des rats dont les pattes postérieures ont été maintenues inactives qu'un apport quotidien en resvératrol (un antioxydant contenu notamment dans le vin rouge) enrayer la perte de masse musculaire et la baisse de densité osseuse...

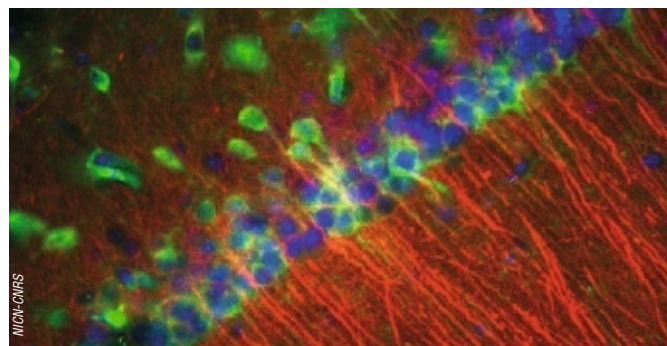
Neurobiologie

Des cellules souches de nez pour la mémoire

Comment limiter les pertes de mémoire, voire restaurer cette capacité ? Dans une nouvelle approche, des chercheurs de Marseille et de Montpellier montrent que des cellules souches prélevées sur les muqueuses nasales rendent la mémoire à des souris amnésiques.

Les cellules souches sont des cellules indifférenciées pouvant donner naissance à différentes lignées cellulaires de l'organisme. François Roman, à l'Université de Provence, François Féron, à l'Université Aix-Marseille II, et leurs collègues se sont intéressés aux cellules souches de la muqueuse nasale. Au sein de cette muqueuse, les neurones olfactifs se renouvellent fréquemment. Par conséquent, les cellules souches dont ils sont issus sont nombreuses chez l'adulte et, de plus, faciles à prélever.

Une étude sur des rats servant de modèle de la maladie de Parkinson avait montré que des cellules souches de muqueuse nasale humaine, greffées dans la région cérébrale qui dégénère dans cette pathologie, réduisaient les troubles



Cellules souches nasales humaines (en vert) après migration dans l'hippocampe lésé de souris (en rouge). Une partie des cellules humaines greffées se sont différenciées en neurones (en jaune vert ; en bleu, le noyau des cellules).

moteurs chez ces animaux. Pour tester l'effet de ces mêmes cellules sur les troubles de la mémoire, les neurobiologistes en ont injecté chez des souris, notamment dans un centre essentiel de la mémoire, l'hippocampe, qu'ils avaient préalablement lésé.

Des tests comportementaux ont révélé que les souris ont recouvré en quelques semaines leurs capacités d'apprentissage et de mémoire. Les cellules souches nasales greffées s'étaient différenciées en neurones et avaient même

stimulé la différenciation des cellules souches encore présentes dans l'hippocampe endommagé.

Les neurobiologistes vont maintenant réaliser un essai clinique où des cellules souches nasales seront greffées sur des personnes victimes d'amnésie post-traumatique due à des pertes neuronales. Ils étudieront aussi le potentiel thérapeutique de ces cellules souches dans des modèles animaux de la maladie d'Alzheimer.

→ Cécile Fourrage

E. Nivet et al., *The J. of Clinical Invest.*, 2011