

Suivre le flux de la pensée par ultrasons fonctionnels ultrarapides

L'imagerie ultrasonore : un puissant outil pour les sciences cognitives

Les chercheurs de l'Unité *Physique pour la Médecine Paris* de l'Ecole supérieure de Physique et Chimie Industrielles (ESPCI Paris, Université PSL, Inserm, CNRS) en collaboration avec des chercheurs de l'institut du cerveau et de la moelle épinière (APHP, Inserm, CNRS, Sorbonne Université) et des chercheurs de l'institut de la vision (Sorbonne Université, Inserm, CNRS) viennent d'accomplir une avancée majeure en étudiant le cerveau de primates lors de tâches cognitives complexes. Grâce à une méthode d'imagerie avec une très grande résolution spatiale et temporelle baptisée « fUS imaging » (pour functional ultrasound imaging), l'équipe est parvenue à imager l'activation de certaines régions du cerveau d'un primate réalisant diverses tâches visuelles et mieux encore : la sensibilité de la mesure permet de suivre la propagation de l'information dans le cerveau du primate. L'étude vient d'être publiée dans Nature Communications.

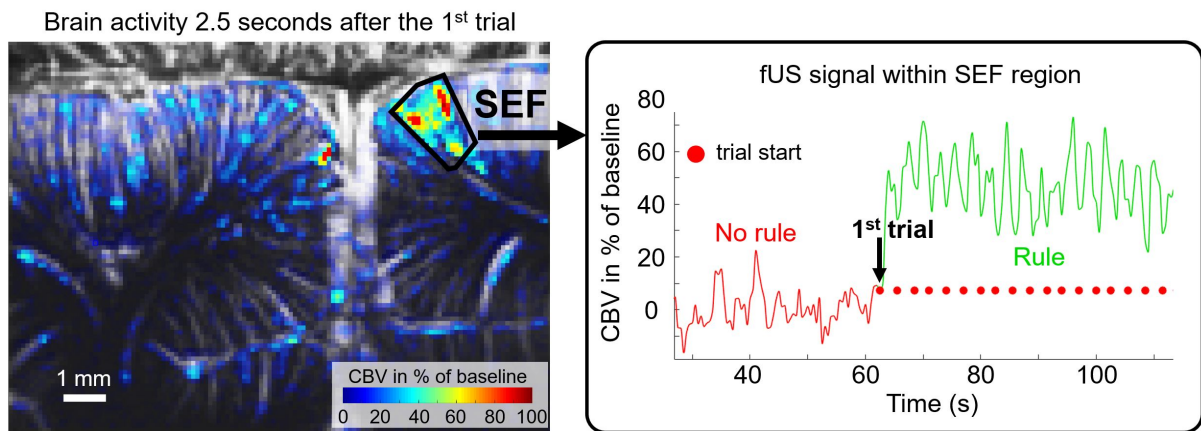
Les méthodes de neuroimagerie ont bouleversé notre compréhension du cerveau au cours des vingt dernières années. Il est en effet devenu possible de suivre l'activité cérébrale et donc d'essayer de comprendre les mécanismes à l'œuvre dans le cerveau. Pourtant, les méthodes traditionnelles (IRM fonctionnelle ou électrophysiologie) sont lourdes, et nécessitent de moyenniser les réponses obtenues sur un grand nombre d'acquisitions.

Les chercheurs de l'équipe *Physique pour la Médecine Paris* ont développé une technologie révolutionnaire d'une très grande sensibilité et d'une très grande résolution spatiale et temporelle. Jusqu'à présent utilisée pour étudier le cerveau au repos ou sa réponse à des stimuli somato-sensoriels simples, la technique « fUS imaging » a cette fois-ci été appliquée au suivi de tâches cognitives complexes. Les chercheurs ont ainsi mesuré, avec une résolution spatiale de 100 microns et sur des échelles de temps de 10 ms, la variation locale de flux sanguin dans une zone du cerveau d'un primate appelée champ oculaire supplémentaire (SEF), associée à la prise de décision en relation avec des règles apprises par l'animal.

En pratique, les primates réalisent une succession de mouvements du regard (suivre un point sur un écran, regarder à l'opposé d'un point...) pendant que leur activité cérébrale est cartographiée en temps réel avec un dispositif non invasif d'imagerie fonctionnelle ultrasonore.

A partir des variations de mesures du flux sanguin, les scientifiques sont parvenus à mesurer la tâche effectuée par l'animal, mais aussi à prédire son taux de réussite. Autre résultat notable : grâce à la résolution temporelle de la mesure, il a été possible de suivre la propagation de l'information entre différentes aires du cortex cérébral localisées à plusieurs centimètres de la surface du cerveau.

En fournissant une grande richesse de données via une technologie robuste et intégrée dans un instrument portable, l'imagerie fonctionnelle ultrasonore devient dès aujourd'hui un puissant outil pour étudier les processus complexes de la cognition.



Imagerie fonctionnelle ultrasonore du cerveau de primate lors de tâches visuelles : variation du volume sanguin cérébral avant et pendant les réalisations de tâche.

Alexandre Dizeux, Marc Gesnik, Harry Ahnine, Kevin Blaize, Fabrice Arcizet, Serge Picaud, José-Alain Sahel, Thomas Deffieux, Pierre Pouget, Mickael Tanter, ***Functional ultrasound imaging of the brain reveals propagation of task-related brain activity in behaving primates***, Nature Communications 2019, doi:10.1038/s41467-019-09349-w

Ces travaux ont été réalisés avec le soutien du Conseil de Recherche Européen (ERC Advanced Grant FUSIMAGINE et ERC Synergy Grant HELMHOLTZ).

Tracking the flow of thoughts using ultrafast ultrasound

Ultrasound imaging becomes a powerful tool for cognitive neurosciences

Researchers of the laboratory Physics for Medicine Paris at the Ecole Supérieure de Physique et Chimie Industrielles (ESPCI Paris, PSL University, Inserm, CNRS) in collaboration with teams from the Brain and Spinal Cord Institute and the Vision Institute in Paris have achieved a major advance by studying the brain during complex cognitive tasks. Using a new imaging method, coined “fUS imaging” (functional ultrasound imaging) and providing a high spatial and temporal resolution, the research team has imaged the activation in the brain of a primate performing visual tasks. Even better, the high-sensitivity measurements has enabled to track the propagation of neuronal information across the brain. The work has just been published in Nature Communications.

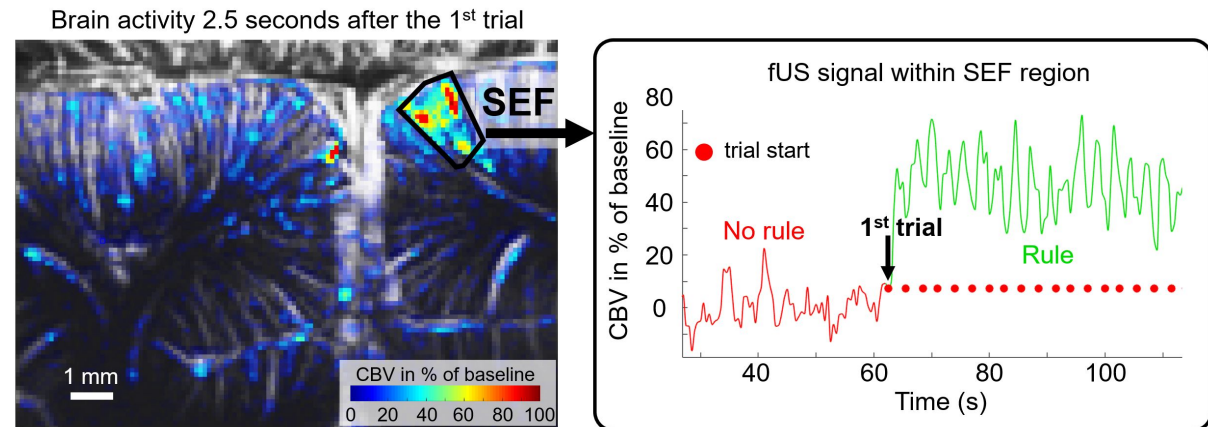
Over the past twenty years, neuroimaging methods have revolutionized our understanding of the brain. They enable to monitor the cerebral activity and therefore try to elucidate the mechanisms involved in the brain. Traditional methods (functional MRI or electrophysiology) however remain cumbersome, and require averages over repeated acquisitions.

Researchers of *Physics for Medicine Paris* have developed a disruptive technology with a very high sensitivity and high spatial and temporal resolution. So far, the technique had been applied to study the brain at resting state or in response to simple somato-sensory stimuli. Here, fUS imaging has been used to monitor complex cognitive tasks. The researchers have measured with a 100-micron spatial resolution and over 10-ms time scales the local variations of blood flow in a primate brain region, called supplementary eye field (SEF). This brain region is associated with decision making in the context of predefined rules.

In practice, the primates are performing a series of oculomotor tasks (track a point target projected on a screen, gaze oppositely to the point target...) while their cerebral activity is monitored using a non invasive fUS imaging device.

The scientists have been able to retrieve the task performed by each of the animal, as well as predicting their success rate. Another remarkable result: the high imaging rate has enabled to track the propagation of the neuronal information across superficial and deep areas of the cerebral cortex.

The collection of a rich content of valuable data through a robust and portative technology makes functional ultrasound imaging an extremely powerful tool to investigate complex cognitive processes.



Functional ultrasound imaging of primate brain during visual tasks: variation of the cerebral blood volume before and during the tasks.

Alexandre Dizeux, Marc Gesnik, Harry Ahnine, Kevin Blaize, Fabrice Arcizet, Serge Picaud, José-Alain Sahel, Thomas Deffieux, Pierre Pouget, Mickael Tanter, ***Functional ultrasound imaging of the brain reveals propagation of task-related brain activity in behaving primates***, Nature Communications 2019, doi:10.1038/s41467-019-09349-w

This work was supported by the European Research Council (ERC Advanced Grant FUSIMAGINE and ERC Synergy Grant HELMHOLTZ).