

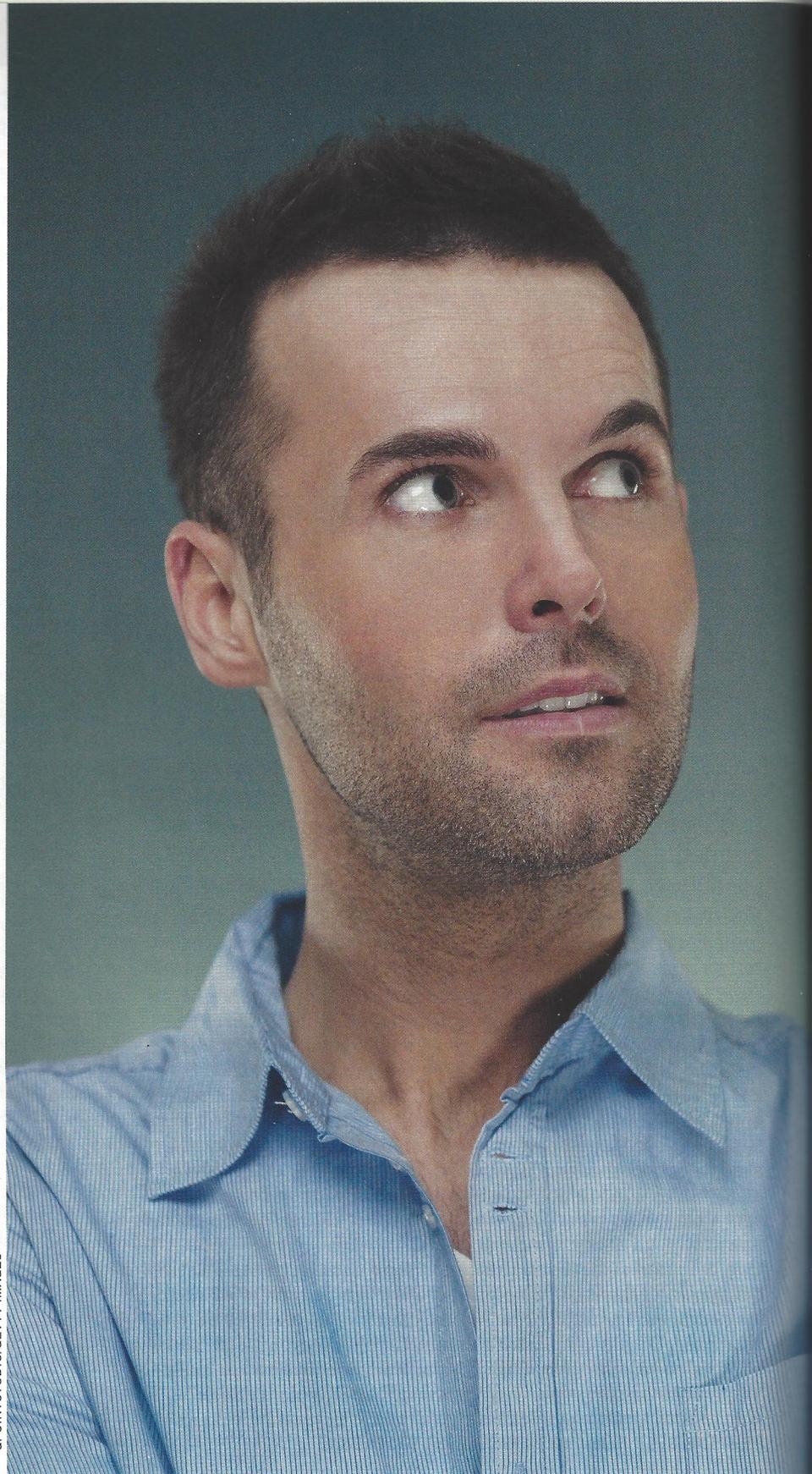
L'invention est simple, mais peut paraître sortie d'un film de science-fiction : la réalité augmentée permet de visualiser le fonctionnement de son cerveau. L'application la plus prometteuse ? Elle concerne l'amélioration du neurofeedback, une technique thérapeutique qui vise à maîtriser son activité cérébrale.

**I**nsomnie, hyperactivité, dépression, épilepsie... Qu'ont donc en commun ces problèmes et pathologies très variés dans leurs causes et leurs manifestations ? Ils peuvent faire l'objet d'un traitement thérapeutique par neurofeedback. Le principe est simple : il s'agit de permettre aux individus d'apprendre à autoréguler le fonctionnement de leur cerveau. En visualisant sur un écran l'activité cérébrale correspondant à une tâche précise, de concentration par exemple, ils vont tenter d'ajuster leur comportement pour modifier cette activité.

Une nouvelle page de l'histoire de cette technique, encore récente, pourrait bien s'ouvrir grâce à l'intégration de la réalité augmentée.

**UN "MIROIR DE L'ESPRIT".** Des chercheurs de l'Aria (Institut national de recherche en informatique et en automatique) de Rennes et leurs partenaires viennent de mettre au point le Mind-Mirror, un dispositif permettant de visualiser l'activité cérébrale en réalité augmentée. Le système est composé d'un casque d'EEG (électroencéphalographie) mesurant l'activité électrique du cerveau en surface, de deux caméras et d'un écran d'ordinateur recouvert d'un film semi-argenté faisant

GPOINTSTUDIO/GETTY IMAGES





# MIND- MIRROR

## PRENEZ LE CONTRÔLE DE VOTRE CERVEAU



**ANATOLE LÉCUYER** est directeur de recherche et responsable de l'équipe Hybrid à l'Aria, France.



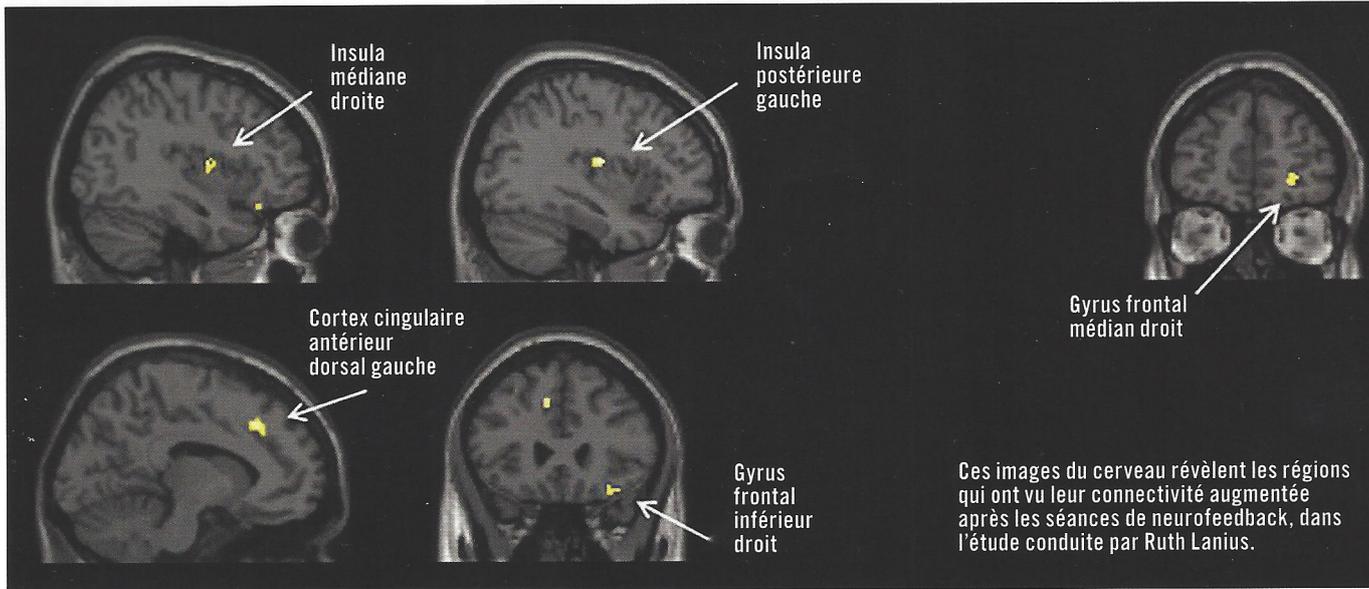
**MARTIJN ARNS** est chercheur à l'université d'Utrecht et directeur de l'institut de recherche et de pratique Brainclinics, Pays-Bas.



**RUTH LANIUS** est directrice de l'unité de recherche sur le stress post-traumatique de l'université de Western Ontario, Canada.

office de miroir. Ainsi, le participant visualise instantanément les modulations des ondes cérébrales associées à la réalisation d'une tâche cognitive. Jusqu'à présent, l'activité globale du cerveau était matérialisée sur un écran d'ordinateur par un graphique de jauge montante ou descendante. Désormais, elle est cartographiée à la surface du cerveau avec un code couleur reflétant son intensité.

Comme le souligne Anatole Lécuyer, directeur de recherche à l'Aria, « c'est un couplage pionnier entre deux technologies : la réalité augmentée et l'interface cerveau-ordinateur ». D'après les premières conclusions du projet pilote portant sur une dizaine de participants, même si le Mind-Mirror reste plus difficile à utiliser qu'une jauge fictive, car il apporte de nombreuses informations sur toute la surface du crâne, les performances de l'interface homme-machine sont les mêmes. Actuellement, cette technologie est testée avec des médecins du CHU de Rennes auprès de patients nécessitant, par exemple, une rééducation motrice après un accident vasculaire cérébral. ▶



## NEUROFEEDBACK QUE SE PASSE T-IL DANS LE CERVEAU ?

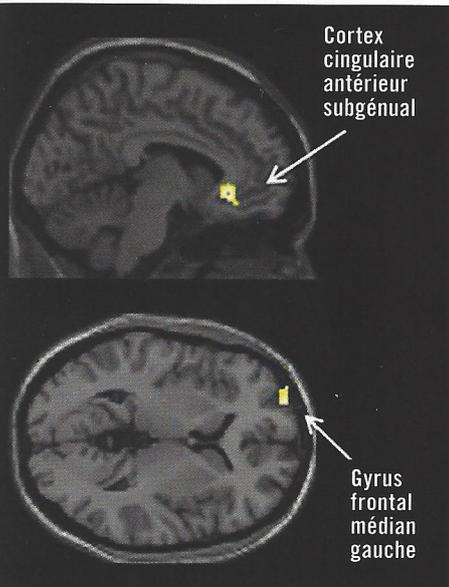
Pour espérer soigner efficacement certains troubles grâce au neurofeedback, la priorité est de mieux appréhender les mécanismes dynamiques en jeu. C'est l'objectif de l'équipe de Sven Haller, de l'université de Genève. En recourant à l'IRMf lors de séances de neurofeedback stimulant les régions auditives d'une vingtaine de volontaires, les chercheurs ont constaté une augmentation de la connectivité cérébrale entre le réseau auditif et différentes régions du cerveau – dont celles impliquées dans les voies auditives, le traitement des informations visuelles, l'attention, la mémoire de travail et enfin l'insula, impliquée dans l'introspection. Le réseau auditif, stimulé pendant les séances, agit donc comme le "hub" à partir duquel les connexions avec d'autres zones du cerveau se renforcent. Actuellement, l'équipe utilise ces données pour tenter de soigner des patients souffrant d'acouphènes.

Frank Scharnowski, de l'EPFL (école polytechnique fédérale de Lausanne) s'intéresse quant à lui à l'amélioration de l'activité du cortex visuel suite à des séances de neurofeedback. Après seulement trois entraînements, les participants bénéficient d'une meilleure connectivité entre le cortex visuel et le lobe pariétal supérieur, une partie du cerveau également impliquée dans le système visuel. Les chercheurs ont notamment constaté un meilleur contrôle "top-down" du lobe pariétal supérieur sur le cortex visuel, ce qui correspond aux stratégies d'attention visuelle "top-down" qui sont les plus efficaces.

► S. Haller et coll., *NeuroImage*, novembre 2013; F. Scharnowski et coll., *PLoS ONE*, mars 2014.

**SOIGNER L'HYPERACTIVITÉ.** Si cette nouvelle technique est prometteuse, il existe déjà des bénéfices avérés des méthodes de neurofeedback, comme l'indique notamment la méta-analyse représentant une quinzaine d'études et plus d'un millier de personnes souffrant de trouble du déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDAH). Initiés depuis 1976, ces travaux évaluent l'effet des séances de neurofeedback sur les symptômes du TDAH comme l'inattention, l'impulsivité ou encore l'hyperactivité. Conclusion ? Le neurofeedback a un impact assez rapide sur les comportements d'inattention et d'impulsivité. Son efficacité serait moins évidente – et surtout plus tardive – pour atténuer l'hyperactivité; les personnes doivent suivre plus d'une trentaine de séances de 25 minutes pour en ressentir les bénéfices. Ce qui est remarquable est que l'amélioration des symptômes peut être ressentie jusqu'à six mois, voire deux ans après les sessions de neurofeedback.

Comment expliquer cet effet de longue durée ? Comme l'avance Martijn Arns, le chercheur de l'université d'Utrecht aux Pays-Bas à l'origine de cette méta-analyse, « nous pensons que les compétences acquises lors du neurofeedback font partie de la mémoire implicite. C'est comparable à l'apprentissage du vélo ou du patinage : une fois acquises, les



INRIA / KAKSONEN

compétences ne disparaissent pas. » Le potentiel du neurofeedback dans le TDAH reste néanmoins discuté, compte tenu de l'ensemble des paramètres non contrôlables dans son évaluation, comme la volonté du patient, les interactions patient-soignant ou encore la nature des groupes contrôles pour les comparaisons statistiques. Cependant, du fait de l'hétérogénéité de ce trouble, Martijn Arns préconise une approche individualisée des enfants concernés, prévoyant l'intégration du neurofeedback dans la prise en charge thérapeutique.

**JE PENSE DONC JE GUÉRIS.** Autre champ d'application, les troubles anxieux. Après une situation de menace de son intégrité physique ou psychique (accident grave, agression, etc.), une personne a de grandes chances de développer un trouble anxieux sévère se manifestant par l'intrusion de souvenirs pénibles, l'évitement de situations ou encore l'hyperstimulation des sens. Des études ont ainsi révélé les liens entre la désynchronisation de certaines ondes cérébrales – les ondes alpha – et des dysfonctionnements de certains réseaux cérébraux chez des individus souffrant de stress post-traumatique. Le neurofeedback peut-il agir sur cette désynchronisation ?

C'est ce qu'a voulu découvrir une

“ Une fois acquises, les compétences issues du neurofeedback ne disparaissent pas ”

équipe de recherche internationale en menant l'expérience sur une vingtaine de personnes atteintes de stress post-traumatique. Les résultats sont clairs : les chercheurs ont observé une resynchronisation des ondes alpha accompagnée d'un sentiment d'apaisement. Selon Ruth Lanius, professeur de psychiatrie et co-auteur de l'étude, « l'hypothèse est que cela reflète le mécanisme récemment découvert de métaplasticité, qui permet au cerveau de préserver son homéostasie en maintenant son activité dans une fourchette physiologique. Par conséquent, le rebond des ondes alpha est une réaction du cerveau pour obtenir le rétablissement de l'activité alpha à un niveau optimal pour le fonctionnement cognitif. »

**DE MULTIPLES APPLICATIONS.** Menée en parallèle, l'observation par IRMf (imagerie par résonance magnétique fonctionnelle) de l'évolution des connectivités dans l'insula

droite, une zone impliquée dans la sensibilité interoceptive, apporte des éléments intéressants : plus la personne a réussi à contrôler son activité cérébrale pendant les séances de neurofeedback, meilleure est cette connectivité. De plus, le réseau du mode par défaut, un vaste ensemble de réseaux neuronaux responsable de l'autoréflexion, de la mémoire autobiographique et de la cognition sociale, a tendance à être plus actif après ces séances (voir les images cérébrales).

Aujourd'hui, la manière dont le cerveau réagit au neurofeedback (voir aussi l'encadré) est mieux comprise, permettant ainsi de multiplier les projets thérapeutiques dans des services hospitaliers comme par exemple, à l'hôpital de la Pitié-Salpêtrière à Paris pour les troubles du sommeil et l'autisme ou à l'hôpital Sainte-Marguerite à Marseille, pour l'épilepsie. ●

## RÉFÉRENCES

- ▶ **J. Mercier-Ganady et coll.,** *Proceedings of IEEE Virtual Reality*, avril 2014.
- ▶ **M. Arns, H. Heinrich et U. Strehl,** *Biological Psychology*, janvier 2014.
- ▶ **M. Arns et coll.,** *Clinical EEG and Neuroscience*, juillet 2009.
- ▶ **R.C. Kluetsch et coll.,** *Acta Psychiatrica Scandinavica*, août 2014.