

Complexité et conscience

Comment définir l'état d'inconscience ? Le *Hors-Série* n° 108 : « À la recherche de l'inconscient » apportait plusieurs éléments de réponse. Une des méthodes fréquemment employées est d'explorer l'activité électrique du cerveau, enregistrée sur un électroencéphalogramme (EEG), et d'y rechercher les ondes delta de grande amplitude. En effet, d'une fréquence comprise entre 0,5 et 4 hertz, de tels signaux ont longtemps été associés à l'état inconscient, par exemple celui observé lors des phases de sommeil profond ou bien chez les individus sous anesthésie, dans le coma, en état végétatif... Cependant, les ondes delta ne seraient pas un signal infaillible, à en croire Joel Frohlich, de l'université de Californie, à Los Angeles, aux États-Unis. Sur la base d'une étude bibliographique, il a montré que ces signaux apparaissent dans de nombreux cas chez des patients souffrant de divers troubles, mais manifestement conscients. Parmi ces troubles, citons la schizophrénie, l'épilepsie, le syndrome de Rett...

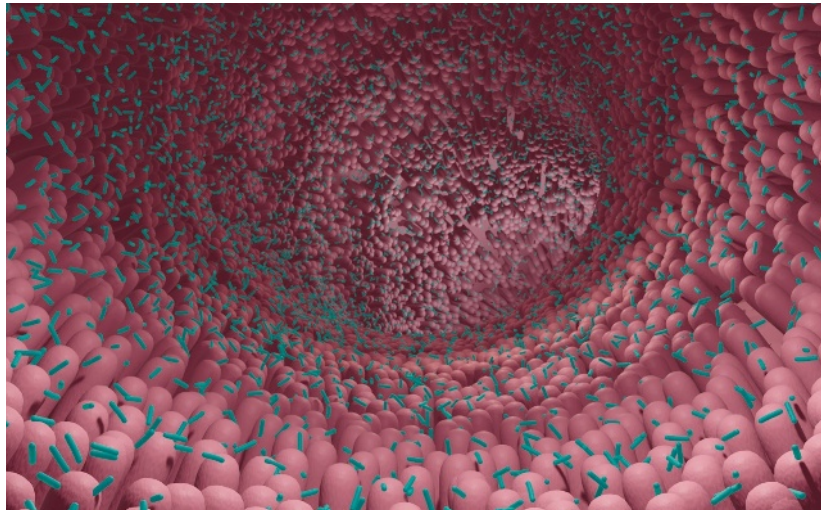
Les propres travaux du neurobiologiste vont dans le même sens. Il s'est intéressé à des enfants atteints du syndrome d'Angelman, une anomalie du développement neurologique résultant du dysfonctionnement du gène *UBE3A*. Chez ces enfants conscients, des ondes delta de grande amplitude ont bel et bien été enregistrées. Comment sortir de ce paradoxe ?

Selon Joel Frohlich, un meilleur indicateur de la conscience serait la complexité de l'EEG, que l'on peut mesurer par exemple par le nombre de motifs récurrents : plus ils sont nombreux, plus la structure de l'EEG est « simple ». De fait, cette complexité diminue bien pendant le sommeil profond et sous anesthésie. Et c'est aussi le cas pendant le sommeil profond des enfants atteints du syndrome d'Angelman ! Conclusion ? Les cliniciens ont désormais à leur disposition un nouvel indicateur de l'état de conscience. ■

J. FROHLICH ET AL., BRAIN, AWAB095, 2021

Je t'hème, moi non plus

Une bactérie opportuniste du microbiote intestinal est responsable de maladies nosocomiales. La compréhension des mécanismes de sa dépendance à l'hème – la molécule qui transporte l'oxygène dans le sang – offre un moyen de lutter contre ce microorganisme.



Dans l'intestin, la bactérie *Enterococcus faecalis* est normalement inoffensive. Mais après un traitement antibiotique, elle prolifère et devient pathogène.

Notre bonne santé repose sur l'équilibre des différentes populations de bactéries composant notre microbiote intestinal, et le *Hors-Série* n° 109 : « Les vrais pouvoirs des microbiotes sur la santé » détaillait les conséquences d'une perturbation de cette flore. Ainsi, après un traitement aux antibiotiques, il arrive que l'espèce *Enterococcus faecalis*, intrinsèquement résistante à beaucoup de ces molécules, prolifère plus que de raison et entraîne des méningites et des infections urinaires et cardiaques parfois sévères. La bactérie serait la troisième cause de maladies nosocomiales. Il importe donc de mieux comprendre sa biologie pour mieux lutter. C'est le sens des travaux de Vincent Saillant, de l'unité Microbiologie de l'alimentation au service de la santé » (Micalis, Inrae, AgroParisTech, université Paris-Saclay), et de ses collègues.

Enterococcus faecalis a besoin pour sa survie d'une molécule particulière, l'hème. Ce composant (non protéique) de l'hémoglobine qui dans les globules rouges transporte l'oxygène est nécessaire au fonctionnement d'enzymes de la bactérie, notamment la catalase qui élimine le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) nocif de la cellule. Cependant, en trop grande quantité dans le microorganisme, l'hème devient toxique. Comment réguler sa concentration ?

Grâce à un transporteur ($HrtBA_{EF}$) qui évacue l'hème en excès. Les biologistes ont découvert que la fabrication de cette pompe, c'est-à-dire la transcription des gènes correspondants, est activée par une molécule nommée FhtR (pour *Faecalis heme transport regulator*) sensible à l'hème présent dans la bactérie. Ainsi, quand il est en faible quantité, il rentre passivement dans la cellule et est mobilisé par les catalases. Cependant, dès qu'il est trop abondant, il se lie à FhtR, l'active et conduit au rejet du surplus.

Ce mécanisme de contrôle serait caractéristique des *Enterococcus faecalis*. Il en devient alors une cible possible pour bloquer le développement de cette bactérie. ■

V. SAILLANT ET AL., MBIO, VOL. 12 (1), ART. E03392-20, 2021

HORS-SÉRIE N° 107 : RÉVOLUTION QUANTIQUE

Des bits quantiques sous protection

Les bits quantiques sont instables et s'effondrent rapidement, ce qui pose souci pour en faire des ordinateurs quantiques. Des physiciens ont réussi à prolonger leur durée de vie en les protégeant grâce à des microondes.

Les promesses de l'ordinateur quantique, détaillées dans le *Hors-Série* n° 107: «La nouvelle révolution quantique», sont nombreuses: calculs plus rapides qu'avec un ordinateur classique, résolution de problèmes autrement inaccessibles, comme la factorisation des nombres premiers, la confidentialité des transmissions... Cependant, elles ne deviendront des réalités qu'à la condition de disposer de qubits performants. Problème, ces équivalents quantiques des bits classiques sont fondés sur la superposition d'états quantiques dans un système, une propriété fragile qui ne résiste pas aux interactions avec l'environnement. Or pour mener à bien des calculs, la cohérence du qubit, c'est-à-dire la superposition, doit perdurer un peu. Comment faire? Sylvain Bertaina, de l'institut matériaux microélectronique et nanosciences de Provence, à Marseille, et ses collègues ont peut-être une solution.

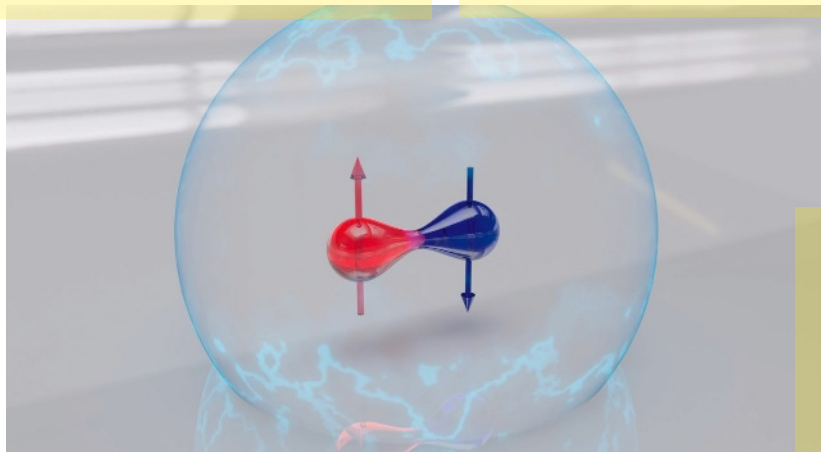
Elle passe par l'utilisation de deux ondes électromagnétiques. Pour comprendre, un paramètre clé est la fréquence dite de Rabi, du nom du physicien Isidor Isaac Rabi. Une première onde est utilisée pour manipuler un qubit, par exemple un système doté d'un spin haut (1) et d'un spin bas (0), en le faisant passer d'un état à l'autre, mais aussi dans l'état superposé recherché pour le calcul quantique ($0 + 1$). Ainsi «éclairé», le qubit oscille comme un pendule selon une fréquence particulière

(celle de Rabi), et chaque oscillation permet un calcul. Cependant, la moindre interaction avec l'environnement, comme la chaleur, amortit le pendule: le qubit est détruit.

L'idée des physiciens a été d'ajouter une seconde onde électromagnétique, de fréquence distincte mais proche de la précédente, et de la décaler d'un laps de temps correspondant à la fréquence de Rabi. De la sorte, la deuxième onde agit comme un excitateur qui met en résonance le qubit et contre l'effet de l'environnement: l'onde donne en quelque sorte une impulsion au pendule pour qu'il ne s'amortisse pas. Résultat: le qubit, ainsi protégé par une sorte de bouclier électromagnétique, reste dans un état superposé jusqu'à des millions de fois plus longtemps!

Sylvain Bertaina raconte avoir découvert ce phénomène à l'occasion d'une fuite électromagnétique dans un dispositif expérimental, l'onde parasite favorisant l'apparition du phénomène de bouclier désormais élucidé. Il a d'ailleurs été confirmé dans plusieurs types de qubits, comme un centre NV (un atome d'azote dans un diamant), un ion métallique piégé (du manganèse dans du MgO) et un ion de terre rare (du gadolinium dans du $CaWO_4$). Et il est possible de l'utiliser pour d'autres types de qubit. La prochaine étape consistera à étendre le bouclier d'un à plusieurs qubits réunis. ■

S. BERTAINA ET AL., *SCIENTIFIC REPORTS*, VOL. 10, ART. 21643, 2020



Dans un qubit, des états, ici un spin haut (en rouge) et un spin bas (en bleu), coexistent. Mais cette superposition quantique a la fâcheuse tendance à s'effondrer rapidement...

Une vague d'exercices

Le *Hors-Série* n° 110: «Les colères de la Terre» le rappelaient, la préparation des populations aux tsunamis est un des moyens pour se prémunir de ces cataclysmes. À cet effet, l'Unesco a coordonné plusieurs exercices d'alerte dans les Caraïbes, sur le pourtour de l'Atlantique du nord-est et autour du bassin méditerranéen début mars, à l'occasion des 10 ans du séisme de Tohoku, au Japon, à l'origine de la catastrophe de Fukushima. L'idée est d'encourager les médias, les établissements scolaires, les entreprises, les organisations religieuses et les familles à se maintenir sur le qui-vive de façon à assurer une évacuation rapide et efficace. Autre objectif, évaluer les plans d'action locaux et améliorer la coordination de tous les acteurs.

LE COMMUNIQUÉ DE L'UNESCO: [HTTP://BIT.LY/3CPDOUO](http://bit.ly/3CPDOUO)

Cache-cache avec la conscience

Où la conscience prend-elle naissance dans le cerveau s'interrogeait le *Hors-Série* n° 108: «À la recherche de l'inconscient»? Le cortex préfrontal semble être une zone majeure dans ce phénomène, mais d'autres tâches non conscientes s'y déroulent aussi. Omri Raccach, de l'université de New York, a voulu préciser les choses en explorant des études fondées sur la stimulation électrique transcrânienne. Il en ressort que seules certaines régions du cortex préfrontal, notamment le cortex orbitofrontal et cingulaire antérieur, sont associées à la conscience. À l'inverse, les zones antérolatérales que l'on croyait cruciales n'auraient pas autant d'importance.

O. RACCAH ET AL., *JOURNAL OF NEUROSCIENCE*, VOL. 41 (10), PP. 2076-2087, 2021

L'ORDINATEUR QUANTIQUE

Promesses et réalité

- Une sélection d'articles rédigés par des chercheurs et des experts
- Une lecture adaptée aux écrans

3,99 €



Les *Thema* sont une collection de hors-séries numériques. Chaque numéro contient une sélection des meilleurs articles publiés dans *Pour la Science* sur une thématique.

Dans la collection *Thema* découvrez aussi

