

l'expression est définie avec précision dans les différents types de cellules et de tissus. Ces ARN non codants auraient permis la formation de réseaux de régulation toujours plus complexes qui auraient modulé l'expression de nombreux gènes et constitué des acteurs indispensables de l'évolution de la vie vers une complexité croissante. En particulier, grâce à eux, les mécanismes de régulation impliqués dans le développement seraient devenus de plus en plus élaborés, notamment par le biais du contrôle de l'expression spatio-temporelle de nombreux gènes. De même, ils auraient joué un rôle décisif dans l'élaboration de nouvelles fonctions cognitives.

En fait, une troisième hypothèse se dégage. Toutes ces observations suggèrent que la multifonctionnalité des ARN résulterait d'une combinaison des deux premières hypothèses. Le scénario en serait le suivant : les ARN ont été essentiels et omniprésents lors de l'émergence de la vie, puis ont été progressivement supplantés par d'autres

macromolécules plus efficaces, dont l'ADN et les protéines, tout en restant présents. Ils ont ensuite fait un retour en force au fil de la complexification des organismes vivants, qui nécessitait des réseaux de régulation de plus en plus élaborés.

Une prédiction liée à cette proposition est testable : si ce scénario est vrai, certains ARN doivent être apparus récemment

régulateurs exprimés par le staphylocoque doré, exclusivement détectés au sein de cette espèce bactérienne, ainsi que pour d'autres bactéries pathogènes, dont *Listeria monocytogenes*.

Ainsi, l'ARN semble une macromolécule incontournable dans l'émergence, l'évolution et la complexification des organismes vivants. Si cette hypothèse est confirmée, elle suggère que les ARN mixtes sont des ARN très réactifs aux changements des conditions environnementales auxquels les organismes les hébergeant sont soumis, permettant ainsi une micro-évolution rapide et efficace.

Les ARN multifonctionnels apparaissent comme des acteurs essentiels dans l'ensemble des organismes vivants. Le concept émergent d'ARN mixte s'impose pour un nombre toujours croissant d'ARN régulateurs. Gageons que ces intermédiaires entre ARN codants et non codants nous aideront à décrypter les liens complexes tissés entre ces deux groupes de molécules au cours de l'évolution des organismes vivants. ■

LES ARN MULTIFONCTIONNELS apparaissent comme des acteurs essentiels dans l'ensemble des organismes vivants.

au cours de l'évolution des organismes. C'est en effet le cas chez les bactéries : la plupart des ARN régulateurs bactériens sont exprimés exclusivement chez certaines espèces et sont absents chez d'autres, malgré leurs proximités phylogénétiques. Par exemple, la majorité des ARN identifiés chez *E. coli* ne sont présents que chez certaines bactéries proches. C'est aussi le cas de la plupart des quelque 250 ARN



les conférences

Entrée gratuite dans la limite des places disponibles

au Palais de la découverte

Astrophysique : aux frontières de l'inconnu

samedi 21 septembre à 15h Aux portes du Système solaire : un nuage de comètes
avec Dominique Bockelée, Observatoire Paris Meudon.

samedi 28 septembre à 15h Voyage au bord d'un trou noir
avec Alain Riazuelo, Institut d'astrophysique de Paris.

samedi 5 octobre à 15h L'horizon de la cosmologie moderne
avec Jean-Marc Bonnet-Bidaud, Commissariat à l'énergie atomique et aux Énergies alternatives.

Avec le soutien de






programme complet sur www.universcience.fr

Quand
l'esprit
vagabonde

Michael Corballis

L'homme ne vit pas seulement dans le présent : il peut se projeter dans le passé ou le futur, mais aussi dans l'esprit d'autrui. Cette capacité a peut-être favorisé l'avènement du langage.

L'ESSENTIEL

■ Une personne qui « ne pense à rien » présente une activité intense au sein d'un réseau cérébral dit par défaut. Elle se remémore le passé, anticipe le futur, s'imagine dans l'esprit des autres...

■ Les neurobiologistes déclenchent artificiellement ces vagabondages de l'esprit afin de les étudier par imagerie cérébrale.

■ Le langage pourrait être né en partie du besoin de communiquer ces expériences, et la vie sociale en aurait bénéficié.

Selon une étude réalisée en 2010 par Matthew Killingsworth et Daniel Gilbert, à l'Université Harvard, l'esprit vagabonderait presque la moitié du temps. Dans une telle situation, on pense à autre chose que ce qui est immédiatement perceptible alentour. On peut ainsi s'imaginer en capitaine d'un navire en perdition, se remémorer certains souvenirs, planifier la soirée à venir... Ce vagabondage est fréquent en période d'inactivité, par exemple lors d'un voyage en avion ou d'une insomnie. Les neurosciences cognitives ont révélé qu'il n'était pas inutile et ont clarifié une partie des mécanismes en jeu, en particulier grâce à l'imagerie cérébrale.

Dans les années 1920, le médecin allemand Hans Berger a mis en évidence une activité cérébrale correspondant à des états de repos. Il cherchait alors à prouver l'existence de la télépathie, qu'il imaginait comme une transmission d'« énergie psychique » mesurable. En 1924, il enregistra l'activité cérébrale d'un sujet grâce à deux électrodes placées sous le cuir chevelu, l'une sur le devant du crâne et l'autre sur l'arrière, inventant ainsi l'électroencéphalographie (EEG).

Lorsque le sujet était au repos, les yeux fermés, l'électroencéphalographe a révélé des oscillations périodiques de fréquence comprise entre 8 et 13 hertz (ou cycles par seconde). On nomma d'abord ces oscillations ondes de Berger, puis ondes alpha (voir la figure 3). Quand les yeux sont ouverts, les ondes bêta, plus rapides, éclipsent les ondes alpha. Par la suite, l'utilisation d'électrodes multiples placées sur le cuir chevelu a fourni des informations sur la localisation de l'activité cérébrale.

D'autres techniques sont apparues pour mieux localiser l'activité cérébrale. L'une d'elles est l'œuvre du physiologiste suédois David Ingvar et du médecin danois Niels Lassen, dans les années 1970 : ils ont injecté une substance radioactive dans le sang – qui irrigue davantage les aires cérébrales où l'activité est élevée – et ont suivi son parcours avec des capteurs externes. D. Ingvar a remarqué une activité élevée dans les aires frontales d'un sujet au repos, phénomène qu'il a qualifié d'« état de conscience non orienté, spontané ».

Le principe consistant à suivre à la trace le flux sanguin s'applique à plusieurs techniques actuelles, qui permettent de cartographier précisément l'activité cérébrale. L'une de ces techniques, la tomographie par émis-

sion de positons (TEP), est aussi fondée sur l'injection de substances radioactives dans le sang. En imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf), on détecte, grâce à un puissant champ magnétique, le fer de l'hémoglobine transportée par le sang. Le parcours du sang ainsi visualisé est ensuite superposé à des images anatomiques du cerveau. Ces techniques servent à étudier les pathologies du cerveau, mais aussi à rechercher les aires cérébrales impliquées dans des activités cognitives telles que la lecture, la reconnaissance des visages ou la mémorisation.

Une activité cérébrale plus étendue quand on ne fait rien !

Pour identifier ces aires, certains chercheurs pensaient enregistrer l'activité cérébrale associée aux tâches étudiées et en soustraire l'activité du cerveau au repos. Ils constatèrent avec surprise que la première est bien plus localisée que la seconde. En d'autres termes, l'activité cérébrale est très étendue quand on demande aux sujets de ne penser à rien et elle se restreint à des régions spécifiques lorsqu'ils sont occupés par une tâche particulière.

Les neurobiologistes ont nommé «réseau par défaut» les zones du cerveau actives durant l'état de soi-disant repos. Ce réseau comprend différentes régions des aires préfrontales, temporales et pariétales, d'habitude qualifiées d'« aires associatives ». La conception du cerveau sous-tendant cette dénomination est assez passive, ramenée à un simple système entrée-sortie : des données pénétreraient dans le cerveau par les aires sensorielles, subiraient une sorte de traitement associatif (à l'origine de la pensée), puis le quitteraient par les aires motrices. La notion de réseau par défaut, actif même en l'absence d'entrées et de sorties, suggère un modèle plus dynamique.

En 1979, D. Ingvar déclare : « En se fondant sur des expériences antérieures stockées en mémoire, le cerveau – l'esprit de tout individu – est automatiquement occupé à extrapoler les événements futurs et, semble-t-il, à établir divers schémas de comportement hypothétiques afin de se préparer à ce qui pourrait arriver. » Ainsi, même au repos, on ne penserait jamais vraiment à rien et les projections mentales auxquelles se livre l'esprit auraient une utilité.