

De multiples facteurs ont fait émerger le langage humain

Diego, fait remarquer que les humains ont créé un monde matériel et mental de plus en plus complexe, et pourtant, qu'un enfant naisse dans un monde où domine le train à vapeur ou dans un monde rempli de téléphones portables, il peut en maîtriser une partie sans que cela nécessite de modifications biologiques. «Pour autant que nous sachions, le seul type de cerveau sur terre qui peut le faire, c'est le cerveau humain», dit Michael Arbib. Tout en soulignant que le cerveau n'est qu'une partie d'un système complexe qui inclut le corps: «Si les dauphins avaient eu des mains, ils auraient peut-être pu faire apparaître un tel monde.»

Le monde humain est forgé non seulement par un cerveau intégré à un corps, mais aussi par un groupe de cerveaux qui interagissent socialement. D'où la nécessité de ce que Michael Arbib appelle une approche EvoDevoSocio. L'évolution biologique influe sur le développement de l'individu et sur son apprentissage, et l'apprentissage des individus façonne l'évolution culturelle; inversement, l'apprentissage peut être modelé par la culture. De multiples facteurs ont fait émerger le langage humain, explique Michael Arbib. Et ce processus ne s'est pas produit d'un seul coup, mais a pris beaucoup de temps.

RÉVOLUTION CULTURELLE

Simon Kirby, qui dirige le Centre sur l'évolution du langage à l'université d'Édimbourg, pense aussi que la culture joue un rôle essentiel. Dès le début, ce chercheur en sciences cognitives a été fasciné par le fait que nous apprenons le langage des autres, mais aussi qu'il se transmet de génération en génération. Quel impact l'acte d'apprentissage répété a-t-il eu sur le langage lui-même?

Simon Kirby a entrepris d'étudier la question selon une toute nouvelle méthode. Au lieu d'observer des animaux ou des humains, il a conçu des modèles informatiques de locuteurs, des «agents», et a nourri ceux-ci de chaînes de caractères désordonnées et aléatoires. Ses agents artificiels devaient apprendre le langage auprès d'autres agents, puis l'enseigner à d'autres encore. Simon Kirby a alors réalisé des

simulations enchaînant plusieurs générations d'apprenants et d'enseignants pour voir comment le langage pourrait changer. Il comparait cela au jeu du téléphone arabe, où un message est transmis par une seule personne à la suivante et ainsi de suite, le message final étant souvent très différent de l'original.

Simon Kirby a découvert que ses agents simulés avaient tendance à produire un langage plus structuré que celui qu'ils avaient reçu. Même si les chaînes de caractères qu'il leur donnait initialement étaient aléatoires, parfois, il pouvait apparaître par hasard une chaîne comportant une petite régularité. Les agents s'emparaient alors de cette structure et la généralisaient. «Les apprenants, si vous voulez, croyaient voir de la structure dans les données qu'ils recevaient», raconte Simon Kirby. En voyant de la structure là où il n'y en avait pas, les agents reproduisaient plus de structure dans les chaînes de caractères qu'ils produisaient à leur tour.

Simon Kirby explique qu'au début, les changements peuvent être minuscules, mais qu'au fil des générations, le processus fait boule de neige. De façon captivante, non seulement le langage des agents commence à apparaître de plus en plus structuré après plusieurs générations, mais le genre de structure qui émerge ressemble à une version simple de celle que l'on trouve dans le langage humain naturel. Par la suite, Simon Kirby a testé plusieurs modèles différents, en les alimentant de divers types de données, mais il a constaté que «l'accrétion cumulative de structure linguistique semblait toujours se produire, peu importe comment nous construisions les modèles». C'était le processus d'apprentissage répété qui engendrait de lui-même le langage.

À présent, Simon Kirby transpose ses expériences numériques à des humains, et même des animaux, en leur faisant répéter ce qu'ils apprennent. Il trouve que de la structure apparaît en effet de cette façon. L'une des implications les plus captivantes de cette découverte est qu'elle aide à comprendre pourquoi on ne trouve jamais le bon gène, la bonne mutation ou le bon circuit cérébral qui expliquerait le langage. Celui-ci semble le fruit d'une combinaison de traits biologiques, d'apprentissage individuel et de transmission du langage d'un individu à l'autre. Les trois systèmes fonctionnent à des échelles de temps totalement différentes, mais, quand elles s'imbriquent, quelque chose d'extraordinaire se produit: le langage apparaît.

Les recherches sur l'évolution du langage constituent un champ scientifique encore jeune. Les chercheurs n'ont pas atteint le graal escompté, à savoir un événement crucial expliquant l'apparition du langage, mais leurs travaux montrent que cette quête est probablement vaine. L'émergence du langage est un processus plus multifactoriel qu'on ne le pensait. ■

BIBLIOGRAPHIE

H. Lyn, **The question of capacity : Why enculturated and trained animals have much to tell us about the evolution of language**, *Psychonomic Bulletin & Review*, vol. 24(1), pp. 85-90, 2017.

S. Kirby, **Culture and biology in the origins of linguistic culture**, *Psychonomic Bulletin & Review*, vol. 24(1), pp. 118-137, 2017.

J.-M. Hombert et G. Lenclud, **Comment le langage est venu à l'homme**, Fayard, 2014.

M. A. Arbib, **How the Brain Got Language : The Mirror System Hypothesis**, Oxford University Press, 2012.

L'AUTEUR



CHET C. SHERWOOD
professeur d'anthropologie
à l'université
George-Washington,
à Washington, aux États-Unis

Un cerveau hors catégorie

Un encéphale particulièrement gros, un cortex particulièrement plissé, des connexions neuronales particulièrement nombreuses...
Le cerveau humain est singulier dans le monde animal.

Le cerveau d'*Homo sapiens*, l'homme moderne, se démarque par de nombreux aspects de celui de ses ancêtres et des autres animaux. Avec un poids moyen d'environ 1,5 kilogramme, soit 2% de la masse corporelle (mais 20% de l'énergie consommée!), il est près de trois fois plus gros que celui des premiers hominés et de celui de ses cousins, les grands singes actuels. Et il déroge au rapport entre la taille du cerveau et celle du corps constaté chez la plupart des espèces animales.

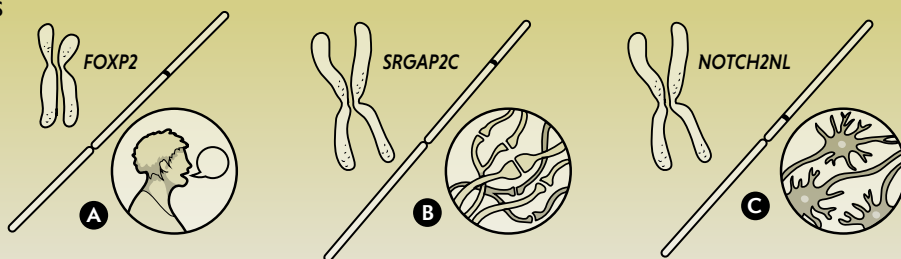
Des études détaillées du cerveau humain et de celui des primates, tel le chimpanzé, mettent en évidence de nombreuses spécificités. Par exemple, certaines régions du cortex cérébral, impliquées dans des fonctions cognitives complexes telles que la créativité ou la pensée abstraite, sont plus grandes chez l'humain. Ces zones corticales, nommées aires associatives, continuent de se développer après la naissance et arrivent à maturité assez tard. Certaines connexions neuronales à grande distance reliant ces aires associatives entre elles mais aussi avec le cervelet (ce dernier jouant un rôle dans les mouvements volontaires et l'apprentissage de nouvelles compétences) sont plus nombreuses que chez les autres primates. Ces réseaux renforcés chez l'humain sont le siège du langage, de

la fabrication d'outils et de l'imitation. Même des circuits de la récompense dans une aire subcorticale, le striatum, centre névralgique de l'activité de la dopamine (un neurotransmetteur), semblent avoir eu une histoire évolutive différente chez l'humain. Ces changements ont probablement augmenté la perception des signaux sociaux et facilité l'apprentissage du langage.

Mais quels facteurs ont conduit à la formation d'un si gros cerveau? Le registre fossile des hominés met en évidence une tendance générale de croissance du volume crânien au cours des six derniers millions d'années environ. Cela correspond à la séparation de notre lignée de celle des chimpanzés et des bonobos. En étudiant différents aspects de la biologie humaine, les chercheurs ont identifié un ensemble de facteurs interconnectés qu'ils associent à ce gros cerveau: une croissance plus progressive durant l'enfance et une durée de vie plus grande, par exemple. Cette importante croissance cérébrale après la naissance implique que de nombreuses étapes du développement cognitif se déroulent dans un contexte social et environnemental riche.

Les chercheurs ont aussi découvert des modifications génétiques et moléculaires qui ont eu lieu au cours de l'évolution du cerveau. Elles expliqueraient aussi certaines différences entre l'humain et les autres primates. ■

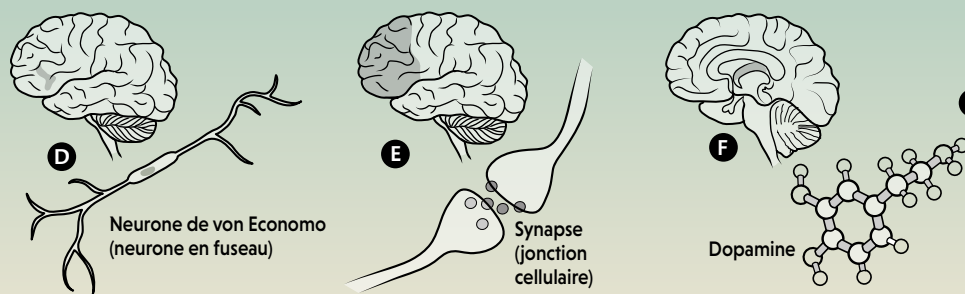
GÈNES



GÈNES

- A** Le variant du gène *FOXP2* spécifique à l'humain joue un rôle dans l'apprentissage de la parole.
- B** *SRGAP2C*, une version du gène *SRGAP2* que l'on ne trouve que chez l'humain, augmente la densité de connexions neuronales.
- C** La version humaine du gène *NOTCH*, nommée *NOTCH2NL*, a trois copies dans le génome et aide à la production de neurones.

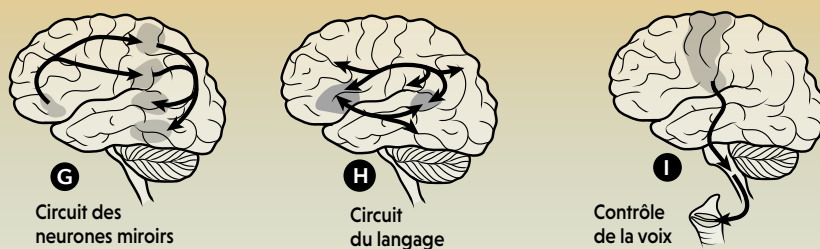
CELLULES



CELLULES

- D** Les neurones de von Economo jouent un rôle clé dans les circuits liés aux émotions sociales. Ils sont plus développés chez l'humain.
- E** L'activité de l'ARN et la synthèse de protéines sont plus importantes dans les synapses du cortex préfrontal (en gris) de l'humain que chez les primates.
- F** Les cellules libèrent dans le striatum plus de dopamine, un neurotransmetteur impliqué dans diverses fonctions cognitives.

CIRCUITS

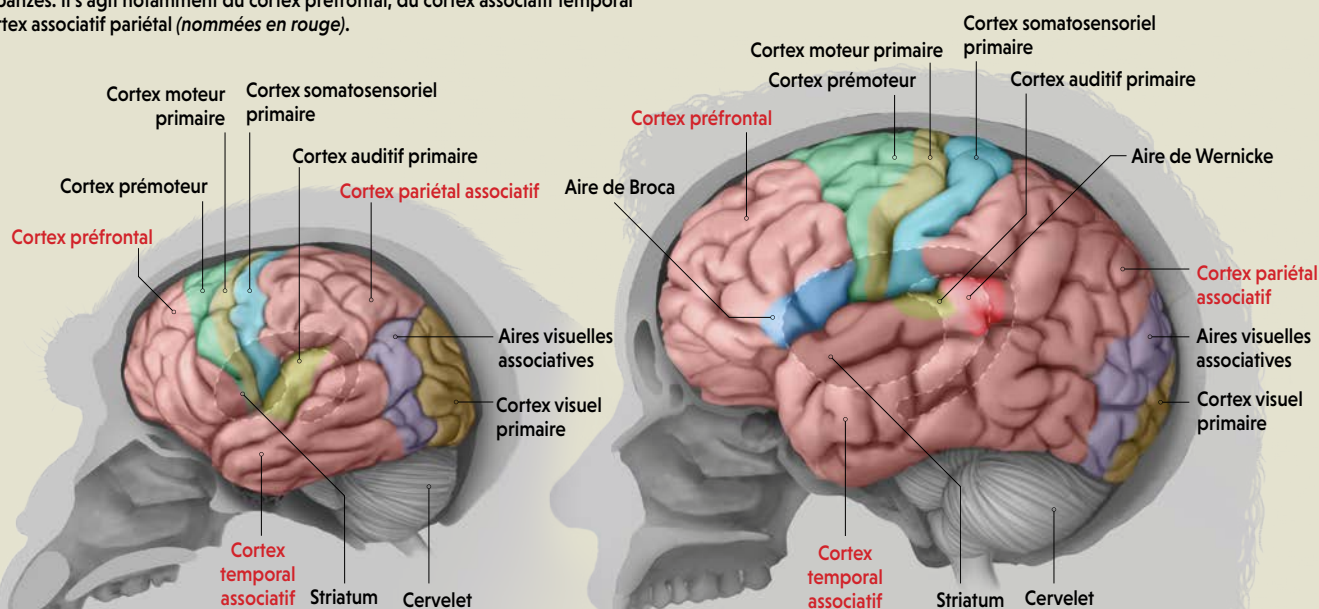


CIRCUITS

- G** Le système des neurones miroirs, qui s'active quand on regarde les gestes d'autrui, repose sur un réseau complexe chez l'humain.
- H** De riches connexions entre deux régions – les aires de Wernicke et de Broca – constituent des circuits essentiels au traitement du langage.
- I** Un lien entre le cortex moteur et le tronc cérébral coordonne les muscles du larynx. Ce circuit est absent chez les macaques et les chimpanzés.

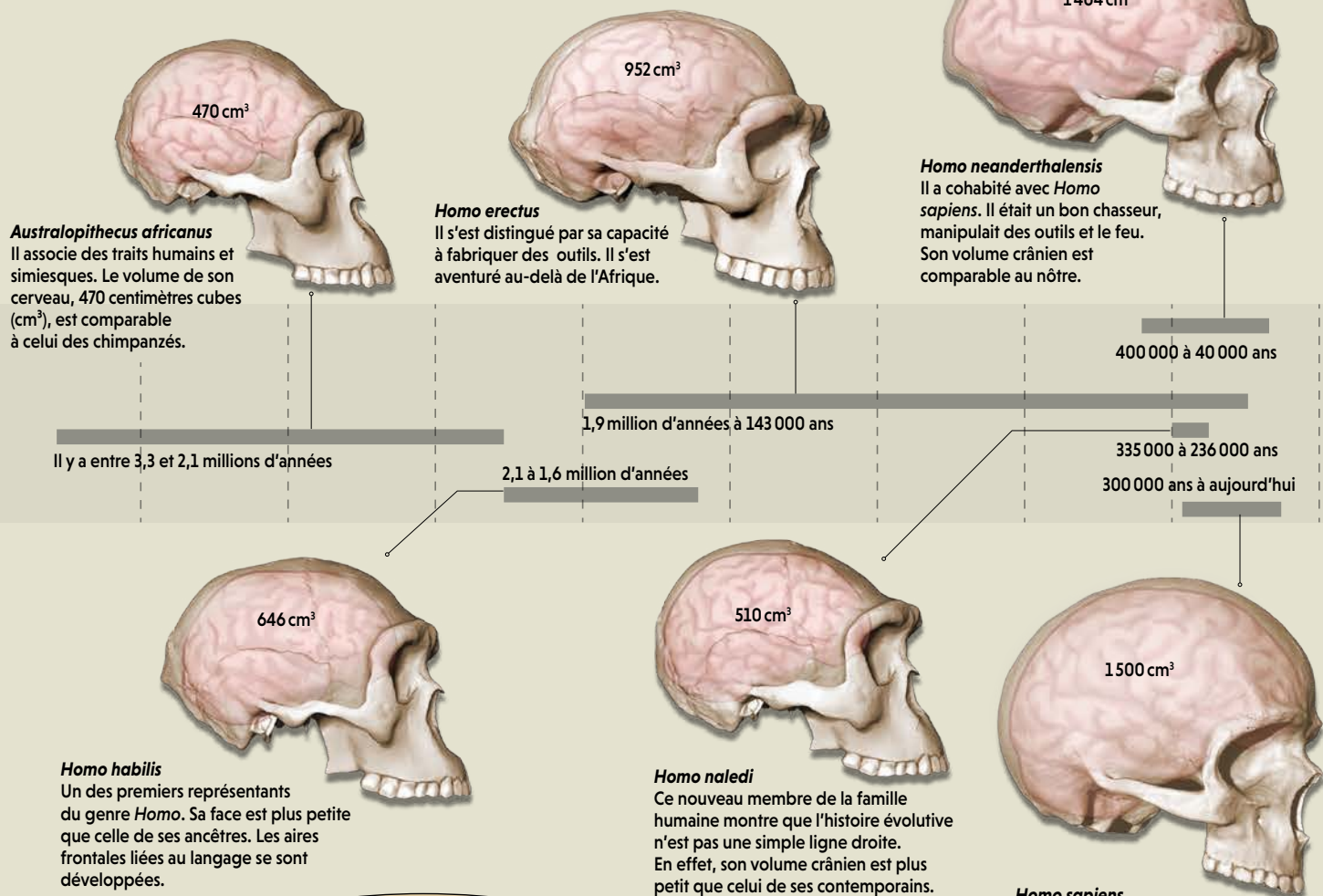
FORT DÉVELOPPEMENT DE CERTAINES AIRES CÉRÉBRALES

Certaines régions du cerveau, responsables de fonctions cognitives supérieures, ont augmenté de taille de façon disproportionnée chez les humains, comparées aux mêmes aires chez les chimpanzés. Il s'agit notamment du cortex préfrontal, du cortex associatif temporal et du cortex associatif pariétal (nommées en rouge).



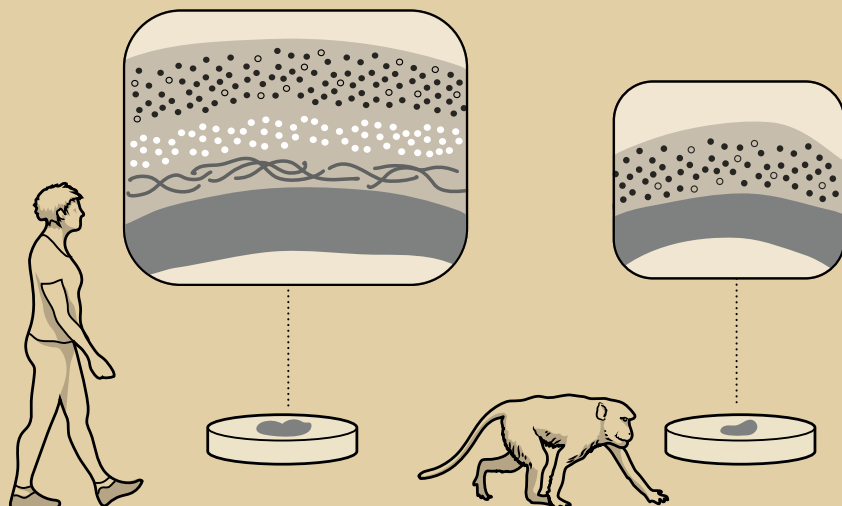
UN CERVEAU TROIS FOIS PLUS VOLUMINEUX QUE CHEZ NOS ANCÊTRES

Le dernier ancêtre commun des humains, des chimpanzés et des bonobos aurait vécu il y a entre 8 et 6 millions d'années. Après la séparation des deux lignées, de nombreuses adaptations évolutives sont apparues : la bipédie, la fabrication d'outils en pierre, une augmentation du volume du cerveau chez certaines espèces d'homininés (processus qui s'est ensuite accéléré).



DES MINICERVEAUX EN LABORATOIRE

En 2013, Madeline Lancaster, de l'Académie autrichienne des sciences, à Vienne, et ses collègues ont fait croître *in vitro*, à partir de cellules souches, des sortes de cerveaux miniatures, nommés organoïdes cérébraux. Les cellules formaient des agrégats structurés d'au plus 4 millimètres, dont l'organisation et l'architecture rappellent celles du cortex cérébral humain aux stades précoces du développement. Ces organoïdes cérébraux offrent un outil unique pour étudier l'activité des gènes et le développement des circuits neuronaux. Des études comparées, avec ces minicerveaux humains, de primates non humains ou d'autres espèces, aideront à déterminer ce qui rend *Homo sapiens* unique.



COMMENT LE CERVEAU GRANDIT
Comparés à d'autres primates, les bébés humains ont un cerveau sous-développé. Ce dernier grandit plus vite la première année et se démarque après plusieurs années en acquérant un volume près de trois fois supérieur à celui d'un chimpanzé.

Sources : T. Sakai *et al.*, *Proceedings of the Royal Society B*, vol. 270, 22 février 2013 ; E. K. Boyle et B. Wood, *Evolution of Nervous Systems*, Academic Press, 2017 ; Smithsonian National Museum of Natural History (<http://humanorigins.si.edu>) ; S. Herculano-Houzel *et al.*, *Brain, Behavior and Evolution*, vol. 86(3-4), déc. 2015 ; D. Jardim-Messeder *et al.*, *Frontiers in Neuroanatomy*, vol. 11, article 118, déc. 2017 ; H. S. Mortensen *et al.*, *Frontiers in Neuroanatomy*, vol. 8, article 132, nov. 2014 ; C. E. Collins *et al.*, *PNAS*, vol. 113(3), 19 janvier 2016.

