

Percer les mystères du cerveau humain en simulant les réseaux de neurones

LE MONDE | 23.07.05 | 16h09 • Mis à jour le 23.07.05 | 16h09

Malgré les connaissances accumulées à partir d'expériences biologiques, par imagerie cérébrale ou à l'aide de modèles mathématiques, le cerveau humain demeure encore un continent inconnu. *"C'est l'organe le plus complexe du corps humain, fruit de plusieurs millions d'années d'évolution"*, explique Jean-René Duhamel, neurophysiologiste et directeur de recherches à l'Institut des sciences cognitives (CNRS, université Claude-Bernard) de Lyon.

"Le cerveau a évolué en même temps que se développaient la locomotion, les stratégies d'attaque des proies et celles destinées à la défense des groupes humains contre les prédateurs, précise le scientifique. C'est pourquoi il est formé de multiples couches, la plus évoluée étant le cortex, véritable réseau associatif qui permet de s'adapter à l'environnement de manière très souple."

Physiologiquement, le cortex - qu'on appelle aussi néocortex - se présente comme une "écorce" très mince, formée de six couches distinctes de plusieurs milliards de neurones, enveloppant les deux hémisphères du cerveau. Afin de percer les mystères de leurs interactions, les chercheurs créent des réseaux neuronaux artificiels en utilisant les moyens considérables de l'informatique. Le projet Bio-i3 (Bio-inspired intelligent information systems) de l'Union européenne a ainsi pour objectif de réaliser des modèles simplifiés de l'activité neuronale et d'étudier, à l'aide de circuits intégrés, l'émergence de propriétés collectives de réseaux neuronaux. Lancé en juin, ce projet, qui fait partie du programme européen des technologies émergentes futures, est doté d'un budget d'une vingtaine de millions d'euros.

Le programme Blue Brain Project, annoncé à la même époque par IBM et l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL), est plus ambitieux encore. Il envisage de modéliser l'ensemble du cerveau pour tenter de reproduire la pensée humaine.

Dirigé par Henry Markram, spécialiste de la physiologie corticale et codirecteur du Brain Mind Institute de l'EPFL, ce projet consiste, dans un premier temps, à simuler sur ordinateur une "colonne corticale", c'est-à-dire une unité de base du cortex. Chez l'homme, ces structures se sont multipliées au cours de l'évolution pour atteindre le chiffre d'environ un million. Chacune de ces colonnes, d'un diamètre de 0,5 mm, est composée de 10 000 neurones et d'un plus grand nombre encore de synapses qui assurent les communications entre ces cellules nerveuses. Cet ensemble sera reproduit virtuellement, et tous ses éléments seront interconnectés.

L'ÉMERGENCE DE L'INTELLIGENCE

Une fois réalisée la réplique numérique d'une première colonne corticale, l'étude sera progressivement étendue à plusieurs colonnes, puis à l'ensemble du cortex. *"Simuler le fonctionnement du cerveau au niveau cellulaire est une gigantesque entreprise, en raison des centaines de milliers de paramètres qui doivent être pris en compte, explique Henry Markram. Notre but est de tenter de comprendre l'émergence de l'intelligence chez les mammifères, puis chez l'homme. Et d'en savoir plus sur certains désordres neurologiques et psychiatriques."* Les scientifiques de l'EPFL vont utiliser pour la première fois dans l'histoire des neurosciences les capacités d'un super-calculateur, le Blue Gene d'IBM, déjà employé pour simuler la structure tridimensionnelle et le fonctionnement des protéines. Cet ordinateur géant pourra traiter 22 800 milliards d'opérations par seconde. Les simulations seront effectuées en utilisant les grandes quantités de données biologiques expérimentales disponibles qui sont stockées dans une base de données. Ces dernières seront mises en ordre au moyen d'un logiciel spécialisé qui combinera deux programmes américains, le Neocortical Simulator et le programme Neuron.

SIMULER "EN DUR"

Certains chercheurs se demandent si Henry Markram a pris le sujet par le bon bout. Reproduire à l'infini une colonne corticale considérée comme un motif élémentaire constitue peut-être une simplification réductrice de phénomènes extrêmement complexes. *"Dans le domaine cortical, nous avons identifié un ensemble de lettres (neurones, synapses) et de mots (microcircuits) dont nous ignorons encore la syntaxe. Nous en sommes au stade de l'inventaire, sans savoir comment assembler les différents éléments de façon à produire l'émergence d'un langage neuronal au sein du réseau cortical"*, commente Yves Frégnac, directeur de l'unité de neurosciences intégratives et computationnelles (UNIC) du CNRS à Gif-sur-Yvette (Essonne).

Aussi des pistes différentes sont-elles explorées par d'autres équipes. C'est le cas du programme européen Facets, qui, au sein de Bio-i3, regroupe un consortium de seize laboratoires, dont quatre français : l'UNIC, l'Institut des neurosciences cognitives de la Méditerranée à Marseille, le laboratoire d'étude de l'intégration des composants et des systèmes électroniques de Bordeaux et l'Institut national de recherche en automatique et en informatique (Inria).

"Notre objectif est moins ambitieux que celui du Blue Brain Project", explique Alain Destexhe, directeur de recherches au CNRS et spécialiste en neurosciences computationnelles à l'UNIC. *"Nous voulons élaborer un modèle simple de l'activité neuronale, en conservant certaines caractéristiques des neurones et en en laissant d'autres de côté. Ce qui ne nous empêche pas, précise le chercheur, d'intégrer la grande diversité des formes et des réponses neuronales dans notre simulation. Les neurones ont en effet chacun leur personnalité et réagissent de manière différente."*

Outre la modélisation sur ordinateur de l'architecture corticale, les scientifiques impliqués dans Facets envisagent de réaliser des circuits intégrés pour simuler "en dur", et non plus de façon virtuelle, le fonctionnement d'un grand nombre de neurones. Ces circuits électroniques reproduiront différents types de neurones simplifiés ainsi que leurs synapses. *"Nous tentons de les relier à un ordinateur pour les faire ensuite travailler ensemble dans un réseau"*, ajoute Alain Destexhe.

Toutes ces approches devraient permettre de pénétrer un peu plus avant dans l'intimité de l'esprit de l'homme.

Christiane Galus

Article paru dans l'édition du 24.07.05