

# «Le cerveau est à la fois parfaitement déterminé et totalement aléatoire»

Depuis la parution de «L'homme Neuronal» en 1983, le neurologue français Jean-Pierre Changeux n'a cessé d'approfondir sa réflexion sur le fonctionnement du cerveau et de la partager avec le grand public. Il était l'un des orateurs invités de la Semaine du cerveau au mois de mars

## N'avez-vous pas l'impression que plus on en apprend sur le cerveau, plus il apparaît complexe et difficile à saisir dans son ensemble?

Jean-Pierre Changeux: Auparavant, le système nerveux central était juste une boîte noire mystérieuse tandis que maintenant, on commence à comprendre comment il fonctionne. Et on ne s'attend pas à ce que ce fonctionnement soit simple. Au contraire. Le cerveau est composé de milliards de cellules nerveuses, les neurones, qui possèdent chacune entre 1000 et 10 000 connexions avec leurs voisines. Il s'agit d'un réseau interconnecté gigantesque qui est unique dans le corps humain.

## Peut-on imaginer que l'on parvienne un jour à le comprendre au point de pouvoir en fabriquer une copie, une machine qui fonctionnerait comme un cerveau et posséderait une conscience?

Fabriquer une machine qui atteigne un degré de complexité identique à celui d'un cerveau me paraît une entreprise difficile à réaliser. Mais je n'y vois pas d'obstacle de principe. Après tout, le cerveau est lui aussi une machine fonctionnant avec des neurorécepteurs et des neurotransmetteurs.

## Peut-on réduire le cerveau à un ensemble de réactions physico-chimiques?

Un contact synaptique (entre deux neurones) peut en effet être décrit en termes moléculaires. Mais ce qu'il faut tenter de comprendre, c'est la connectivité entre ces milliards de cellules nerveuses. Et il ne faut pas oublier que le cerveau ne se développe pas comme on construit un ordinateur en assemblant un beau jour tous ses constituants. Sa conception commence au stade de l'embryon et se poursuit

quinze ans après la naissance. Cela comprend la fabrication des cellules nerveuses (une étape qui s'achève pratiquement dans le ventre de la mère, très peu de neurones se créant par la suite) et, surtout, l'établissement des connexions. Quand l'enfant naît, son cerveau est cinq fois moins gros en poids et en volume qu'à 15 ans.

## Cette prise de volume est-elle due aux nouvelles connexions?

Oui. La moitié des millions de milliards de connexions s'établissent au cours des quinze premières années de vie. Autrement dit, pendant une seconde du développement de l'enfant, il y a des milliers de synapses qui se

veau. Les espèces les plus proches de l'homme, comme le chimpanzé, ont un développement après la naissance qui est beaucoup plus court.

## A quoi est due cette différence, alors que nous avons le même nombre de gènes que le chimpanzé?

Non seulement ce nombre est le même, mais en plus, les gènes des deux espèces sont très semblables (99,9% d'équivalence). La différence vient donc sans doute des gènes de régulation qui permettent, chez l'homme, de prolonger le développement du cerveau durant quinze ans, tandis que ceux du singe, légèrement différents, l'arrêtent bien avant.

«Le grand avantage du cerveau humain est qu'il est capable d'apprentissage»

mettent en place. Au début, on assiste à des innervations multiples, à une sorte d'exubérance nerveuse, à l'apparition d'un réseau diffus qui se précise, grâce à un système d'essais et d'erreurs, jusqu'à l'âge adulte. Cette lente mise au point de la connectivité requiert à la fois une activité neuronale spontanée et une autre induite par l'environnement. D'où l'importance de l'éducation et de la durée de celle-ci. Quinze ans, c'est énorme. *Homo sapiens*, quand il est apparu sur Terre, possédait une espérance de vie guère plus longue que trente ans. Cela signifie qu'il a été sélectionné par l'évolution avec la moitié de son temps passé à construire son cer-

## Le cerveau n'est pas seulement génétique, selon vous. Il est aussi façonné par l'environnement. De quelle manière?

C'est ce que j'appelle le développement épigénétique du cerveau. Il s'agit de l'établissement de connexions nerveuses sous l'influence de l'environnement. C'est un processus de type darwinien au cours duquel se produit une sélection de certaines synapses au détriment d'autres (la stabilisation sélective de synapses par l'activité neuronale). L'environnement physique (lumière, couleurs, gravité...) permet la mise au point de la vision binoculaire, de la station debout ou encore de la marche. L'en-



vironnement social et culturel, lui, permet d'établir une relation avec les autres, la mère d'abord, puis le reste de la famille. Vient ensuite l'acquisition du langage oral, puis écrit. Toutes ces étapes laissent des traces dans le cerveau.

#### **D'où vient la création culturelle?**

Le grand avantage du cerveau humain est qu'il est capable d'apprentissage. La relation entre l'internalisation d'informations dans le cerveau et la production de connaissances ou de culture par ce même cerveau permet un dépassement permanent de ce qui est acquis. D'où une évolution constante de la culture et, surtout, des connaissances. L'art, en particulier, est une production qui est propre au cerveau de l'être humain, bien que l'on puisse retrouver des précurseurs chez les ancêtres d'*Homo sapiens*. Et si l'art provoque chez le spectateur une réaction, c'est parce que la contemplation d'une œuvre mobilise de manière concertée des ensembles de neurones impliqués dans des fonctions cognitives et émotionnelles, comme l'ont montré de nombreuses expériences sur des animaux et des êtres humains.

#### **Et la religion?**

La religion est également une production du cerveau. Les sociétés humaines ont toujours essayé de concevoir des systèmes permettant de répondre à des questions primordiales qui

ne pouvaient pas, à ces époques reculées, être comprises par la science. Je suis persuadé que c'est la connaissance scientifique qui permet d'apporter une réponse aux problèmes en apparence insolubles. Je partage ainsi l'espoir des Lumières, à savoir que l'on peut faire évoluer l'éthique par la science. Une meilleure connaissance du monde et de l'être humain permet d'améliorer la coordination des activités humaines et d'élever qualité de vie, individuelle et collective.

#### **La manière dont le public perçoit la science aujourd'hui n'est pas toujours aussi positive...**

En effet, car la science a été détournée de son objectif initial, notamment à des fins destructrices (bombes, eugénismes, etc.). C'est un des points cruciaux de l'histoire des sciences. Pourtant, si la qualité de vie s'est considérablement améliorée ces dernières années (certes pas de manière équitable et je le regrette), c'est grâce à la science. Celle-ci a relégué au passé le temps où les femmes perdaient plus de la moitié de leurs enfants en bas âge, celui où la peste tuait la moitié de la population en Europe. Si l'on vit vieux et en bonne santé, si l'on peut se déplacer en voiture ou en avion, se parler et se voir par-dessus les océans, c'est toujours grâce à la science. Toutefois, le scientifique doit être attentif au détournement possible de sa disci-

pline. Cela fait partie de sa responsabilité. Il doit intégrer une réflexion éthique dans le cadre de son travail.

#### **Le fonctionnement d'un cerveau est-il déterminé ou possédons-nous un libre arbitre?**

En matière de cerveau humain, il existe une grande variabilité à tous les niveaux. L'aléatoire génétique, qui influence la fabrication de l'organe, crée des différences entre les populations et, plus encore, entre les individus. Ensuite, le développement synaptique, comme nous l'avons vu, suit un modèle darwinien qui comprend lui aussi une grande variabilité. Quant aux représentations que nous avons dans notre espace conscient, elles dépendent d'une activité spontanée des neurones dont une partie est soumise à l'aléatoire. D'un autre côté, le système neurologique (les transmetteurs et les récepteurs, notamment) est très déterminé sur le plan physico-chimique. Tout cela nous permet d'être à la fois parfaitement déterminé et parfaitement aléatoire.

#### **Et le libre arbitre alors?**

Spinoza a dit une phrase à laquelle j'adhère: «Les hommes se croient libres car ils ignorent les causes qui les déterminent.» Cela dit, il ne faut pas voir l'être humain comme un automate pré-câblé. Il l'est en grande partie, mais il existe une variabilité dans le câblage ainsi qu'une activité neuronale spontanée dont le résultat est que, souvent, plusieurs possibilités se présentent. Le cerveau en choisit une en anticipant les conséquences de chacune d'elles. Si vous voulez appeler cela libre arbitre, cela ne me gêne pas. ■

Propos recueillis par Anton Vos