

# CERVEAU ET NEUROSCIENCES : QUELLES PERSPECTIVES ?

Par Cedric Polère

La neurobiologie prouvait en 1862 la localisation cérébrale des fonctions psychologiques et découvrait peu après l'existence des cellules du cerveau (neurones et cellules gliales), mais c'est durant ces dernières années qu'elle a accompli, avec l'aide des sciences cognitives, des progrès considérables dans la compréhension des fondations neuronales des phénomènes cognitifs, comme la perception visuelle, le langage ou la mémoire. Grâce aux techniques d'imagerie cérébrale inventées à partir de 1972 (on trouvera leur description plus loin, ainsi que toutes les définitions nécessaires), il a été possible de voir quelles parties du cerveau sont actives lorsqu'une personne pense ou accomplit une action spécifique. Si l'on remue un doigt, deux zones du cerveau s'animent : le cortex pré-moteur prépare à remuer le doigt, le cortex moteur envoie des messages pour l'exécution du geste. Ces techniques nous ont livré l'anatomie globale du cerveau, puis en se perfectionnant dans les années 90, ont permis de lancer les neurosciences à la conquête de la compréhension du fonctionnement cérébral.

L'Agenda santé ne pouvait ignorer cette conjonction entre une révolution scientifique qui devrait marquer le 21<sup>e</sup> siècle, et le fait que les maladies neurodégénératives et mentales sont de plus en plus fréquentes dans nos sociétés. Une démographie orientée dans le sens du vieillissement entraîne depuis 15 ans une hausse des maladies neurodégénératives (Alzheimer, Parkinson, ...). Quant aux maladies mentales (de la psychose à la dépression), leurs causes sont loin d'être clairement perçues, mais il est indéniable que l'évolution de nos sociétés dans le sens de l'anomie et de la désymbolisation suscite une souffrance psychique accrue. Il s'agit là d'enjeux de santé publique et de société de premier plan, qui interpellent directement les politiques publiques.

Dysfonctionnements du cerveau (et du système nerveux) et neurosciences <sup>1</sup> : c'est le « fil rouge » du cahier.

## « Plus vaste que le ciel, le cerveau... » (Eily Dickinson)

Le cerveau est la structure organisée la plus complexe de l'univers. Chaque cerveau contient environ 100 milliards de neurones, cellules nerveuses qui forment les unités de base du système nerveux. Chacun effectue, par le biais des synapses (points de contact), de 1000 à 10 000 connexions avec d'autres neurones. Le nombre de permutations et combinaisons possibles de l'activité cérébrale est supérieur au nombre de particules élémentaires de l'univers connu, ce qui dénote la complexité abyssale du cerveau.

Sur le plan anatomique, le cerveau est composé de deux moitiés symétriques, les hémisphères cérébraux. Chacun est divisé en quatre lobes : le lobe frontal, le plus mystérieux, s'occupe d'aspects de l'esprit comme le sens moral, la sagesse, ou l'ambition... ; le lobe pariétal sur les côtés permet la représentation en trois dimensions du monde ; le lobe occipital à l'arrière traite la vision ; le lobe temporal enfin est chargé de l'audition, des émotions, de certains aspects de la perception visuelle.

Siège de la conscience, des émotions, le cerveau commande les mouvements, assure le bon fonctionnement de l'organisme. C'est dans le cerveau que le monde est décrypté, sous forme de sensations, images, voix, odeurs, et que se forment les pensées et le langage.

Le cerveau est au sommet du système nerveux. Ce système assure la maintenance de l'ensemble de l'organisme et la communication avec l'extérieur. Il perçoit les stimulations (venant de l'extérieur ou de l'intérieur du corps) et transforme ces stimulations en signal nerveux qui est conduit le long des nerfs jusqu'au cerveau. Les signaux sont intégrés pour fournir une réponse aux organes, poumons, cœur, muscles, glandes, etc.

Le système nerveux central comprend la moelle épinière et l'encéphale. Le système nerveux périphérique comprend tous les nerfs issus du tronc cérébral et de la moelle épinière. Il capte puis véhicule l'information nerveuse.

Le cerveau est composé de deux types de cellules, les neurones, qui produisent et transmettent l'information et les cellules gliales, sorte de « glue nerveuse » qui les entourent et les maintiennent.

L'information circule dans les nerfs et dans le cerveau sous forme d'impulsions électriques. Elles naissent d'un dosage de substances chimiques. L'information est transmise d'un neurone à l'autre, par une structure nommée synapses, sous forme de molécules chimiques.

## Neurosciences : à l'aube d'une révolution

Pour Vilayanur Ramachandran<sup>2</sup>, neurobiologiste de l'Université de Californie à San Diego (la « Mecque » des Neurosciences), s'amorce aujourd'hui une révolution scientifique plus importante que la révolution copernicienne, darwinienne ou freudienne : celle de la compréhension du cerveau humain. C'est une révolution qui concerne, en nous-même, l'organe qui a permis les précédentes révolutions.

Les connaissances sur le cerveau en fonctionnement restent encore largement à établir. Mais les avancées réalisées depuis une quinzaine d'années dans la connaissance de sa physiologie et du fonctionnement des cellules nerveuses laisse penser aux neurobiologistes qu'ils pourront tracer un jour prochain une cartographie du cerveau et des fonctions cérébrales, à la manière des généticiens focalisés sur la cartographie du génome humain.

1- Le terme neurosciences a été créé en 1968 par les Américains pour répondre à la nécessité ressentie de regrouper tous les chercheurs s'intéressant au système nerveux. Les neurosciences recouvrent la neurobiologie, la neurochimie, la neuroendocrinologie, la neurologie, la neuropathologie et la neurophysiologie. Les neurosciences s'appuient sur les sciences cognitives (ensemble des sciences qui concernent la connaissance et ses processus) et les font à leur tour progresser. Les sciences cognitives regroupent la psychologie, la linguistique, la neurobiologie, la logique et l'informatique.

2 - Ramachandran, Vilayanur (2005), Le cerveau, cet artiste, Paris : Eyrolles

## Vérités d'hier, fausses croyances d'aujourd'hui

Les découvertes réalisées ont d'ores et déjà balayé plusieurs certitudes que le grand public avait reçu des scientifiques. Ce renouvellement des certitudes est justement le propre d'une révolution scientifique, comme on le mesurera tout au long du cahier. Sans trop déflorer le contenu des chapitres, citons trois bouleversements, par ordre d'importance :

- Alors que l'on pensait que le nombre de neurones était maximal à la naissance, et ne faisait que régresser ensuite, on sait aujourd'hui que le cerveau a une capacité à remodeler son organisation, en interaction avec son environnement. La notion de plasticité cérébrale traduit cette capacité. Selon les activités réalisées, des zones du cerveau se développent ou régressent. L'idée d'une mort importante de neurones durant la vie est aussi remise en cause. Le nombre de neurones dans le vieillissement normal ne baisse que faiblement, c'est plutôt la qualité des liaisons entre neurones qui est responsable de la baisse fonctionnelle. En 1998, la preuve a

même été apportée de la naissance de nouveaux neurones dans le cerveau humain.

- Nos représentations courantes font du neurone la superstar du cerveau. Il emblématise à lui seul cerveau et intelligence. Mais on a reconnu récemment le rôle majeur d'autres cellules du cerveau, dont l'existence est connue depuis longtemps : les cellules gliales. Sans elles, les connexions entre neurones sont limitées. La découverte de leur fonction ouvre la voie à des recherches et applications thérapeutiques car des pathologies dont on comprenait mal le mécanisme (maladie d'Alzheimer, épilepsie, accidents vasculaires cérébraux...) s'avèrent en fait largement influencées par les actions de ces cellules, en particulier les astrocytes.

- Alors que dans le sillage de Descartes les émotions étaient considérées comme des « passions », contraires à la raison, des travaux ont montré que sans émotions, il ne pourrait y avoir de raison et de construction de la pensée.

## Recherche en neurosciences : quels enjeux ?

Les sciences du cerveau et du système nerveux poursuivent deux grands objectifs.

Au niveau de la recherche fondamentale, il s'agit de mieux comprendre les fonctions cognitives, c'est-à-dire les fonctions cérébrales qui permettent l'apprentissage et l'utilisation des connaissances, comme la mémoire, la perception, le langage, la capacité à se déplacer, à décider une action, etc. Les chercheurs essaient aujourd'hui de découvrir les règles que les cellules du cerveau mettent en œuvre pour représenter les choses, pour décider une action. Ils cherchent aussi à établir comment les différentes zones du cerveau sont connectées entre elles, ou

comment les informations visuelles prennent forme dans la conscience pour rétablir dans le cerveau l'unicité du monde.

Les applications de ces recherches sont avant tout médicales. L'enjeu « ultime » est en effet de comprendre et de guérir les maladies neurologiques et mentales. Mais nous remarquerons que la recherche appliquée vise aussi à développer des technologies à partir de ce que l'on sait du cerveau, en rotique par exemple, ou dans les modes de calcul. De multiples domaines devraient profiter des apports des sciences cognitives, comme l'éducation, la prédiction économique ou l'informatique.

## Sciences « dures » et sciences humaines : un même élan !

Les découvertes des neurobiologistes ouvrent des passerelles vers la psychologie, les sciences humaines, et la philosophie. L'objectif d'une connaissance exhaustive du cerveau tend à réunir dans un même élan de recherche les sciences exactes et les sciences humaines, ce qui fait parler de renouveau de l'esprit encyclopédiste. Dans la plupart des laboratoires du monde, les neurobiologistes travaillent en équipe avec des psycholinguistes, des informaticiens, des cognitivistes, des mathématiciens, des statisticiens. C'est par exemple le cas de l'Institut des Sciences Cognitives de Lyon, piloté par Marc Jeannerod.

En son sein, le Laboratoire « Langage, cognition et cerveau » travaille sur le langage. C'est le point de contact privilégié entre les sciences dures et les sciences humaines explique Ira Noveck, son responsable (lire l'interview). De multiples disciplines tentent d'intégrer, avec plus ou moins de rigueur, les acquis des neurosciences, donnant lieu aux spéculations de la neurophilosophie, de la neuropédagogie, de la neuroéthologie, ou même du neuromarketing. Ces nouvelles disciplines sont décryptées sans complaisance dans la 5<sup>e</sup> partie de ce cahier.

## Les « dysfonctionnements » du cerveau : un défi majeur

Sur le plan de la forme, le cahier s'organise en cinq lobes, pardon ! parties que nous résumons rapidement. Elles brossent un état des lieux des recherches en neurosciences et de leurs enjeux et implications dans le champ de la santé. Nous profitons de l'occasion pour brosser un tableau des neurosciences à Lyon et en Rhône-Alpes.

Le lecteur remarquera que nous avons repris dans le cahier la distinction académique entre la neurologie, qui se consacre aux maladies du système nerveux attribuables à une cause organique (comme la sclérose en

plaque), et la psychiatrie qui se concentre sur les maladies pour lesquelles aucune cause organique n'est connue. Mais il percevra bien que cette distinction ne devrait pas survivre à cette révolution scientifique, comme bon nombre de nos paradigmes. A mesure que la neurologie progresse, la frontière entre neurologie et psychiatrie devient de plus en plus contestable, au point que des experts considèrent que la psychiatrie deviendra un jour l'une des branches de la neurologie.

## ■ Neurosciences : quels apports pour la société ?

Les neurosciences ont pour principal objectif d'apporter une réponse aux pathologies nées du dérèglement du cerveau. Celles qui sont liées au vieillissement sont aujourd'hui les plus préoccupantes. Emile Olaya (Union régionale des Médecins Libéraux de Rhône-Alpes) rappelle que l'allongement de la vie induit une augmentation progressive de la prévalence des démences. 60% des cas de démence sont dues à la maladie d'Alzheimer.

Mieux comprendre ces maladies pour définir des stratégies thérapeutiques est un enjeu planétaire, comme le rappelle Henry Kennedy, de l'Institut de recherche sur les cellules souches et le cerveau. Contre la maladie de

Parkinson, ce laboratoire lyonnais défend une stratégie de recherche spécifique en essayant de reprogrammer les cellules<sup>3</sup> souches qui vont remplacer les cellules malades par le biais du génome. Le lien de causalité entre maladies du cerveau (comme l'épilepsie) et facteurs génétiques est de plus en plus établi et utilisé.

Devant de tels enjeux, on ne peut que regretter que la recherche française en neurosciences, pionnière dans les années 50-60, ait pris un tel retard par rapport à la plupart des grands pays ! La faiblesse des fonds alloués et l'organisation de la recherche en sont les principales causes.

## ■ Neurosciences : un nouveau pôle de compétitivité rhône-alpin ?

Chiffres à l'appui, la deuxième partie confirme l'incidence des maladies neurodégénératives et mentales en Rhône-Alpes. Leur prise en charge est un enjeu de santé publique, mais c'est aussi un poste de coûts croissants pour les finances publiques. Quand on ajoute à ces constats les retombées industrielles et commerciales attendues des neurosciences, on saisit l'enjeu de la mise en place d'une politique régionale des neurosciences. Claude Feuerstein, responsable de l'Institut des

Neurosciences de Grenoble expose le projet de « cluster » qui se met aujourd'hui en place à l'initiative de la région Rhône-Alpes sur le thème « handicap, vieillissement et neurosciences ». Pour sa part, l'enthousiaste Andrea Pfeifer, PDG d'AC Immune, livre quelques pistes pour la structuration du pôle. De cet ensemble, il ressort que Lyon peut tirer un grand profit de son inscription dans un territoire (Suisse Romande, Italie du Nord, sillon alpin) fortement tourné vers les neurosciences.

## ■ Les maladies neurologiques

Dans la troisième partie, le lecteur trouvera un point sur l'état des savoirs sur les maladies neurologiques : causes, effets, thérapies, prise en charge. A ce jour, il existe très peu de thérapies efficaces pour les maladies du cerveau. On ne connaît par exemple aucun moyen thérapeutique contre la maladie d'Alzheimer. Cela rappelle le fait que de la connaissance scientifique à la thérapie, le pas est décidément difficile à franchir. Il y a bien sûr des exceptions, avec des outils efficaces dans le traitement de l'épilepsie, ou de certaines formes de la maladie de Parkinson.

La quasi-absence de traitement curatif efficace place, la prévention et la prise en charge médico-sociale des patients au centre des réponses. Les neurosciences fonctionnelles, centrées sur la physiopathologie des maladies neurologiques apportent également quelques solutions. Nous relèverons, dans les propos du Dr Gilles Albrand, gériatre à l'hôpital Antoine Charial, qu'il y a matière à progresser dans le diagnostic précoce de la pathologie et la prise en charge du patient.

## ■ La santé mentale en question

La quatrième partie traite de la souffrance mentale dont les conséquences sont à la fois comportementales, émotionnelles et cognitives. Les indicateurs de l'OMS sont éloquentes : dans le monde, une personne sur quatre connaît dans sa vie des troubles psychiatriques. De la psychose au mal être un peu flottant, il existe une multitude d'états qui semblent témoigner d'une « souffrance sociale » croissante. A partir de cette idée, Jean Furtos, psychiatre et directeur de l'Observatoire régional sur la souffrance psychique, défend une ouverture de la psychiatrie. Cette partie rappelle que face à la maladie mentale, de multiples approches coexistent. Les psychotérapies et l'ensemble des techniques de soin des troubles psychiques ou de la souffrance psychique qui font appel à la parole sont aujourd'hui largement diffusés dans la société. Ces tech-

niques ont évolué avec l'introduction de thérapies comportementales et cognitives et une certaine remise en cause de la psychanalyse (Freud). Elles se conjuguent souvent avec des traitements médicamenteux. Ces derniers ont grandement progressé, permettant aujourd'hui d'apporter aux patients des soins plus rapides et efficaces et de limiter le nombre de confinements. Ces traitements agissent sur les déséquilibres chimiques et les modifications dans les émetteurs et les récepteurs du cerveau et évoluent avec les progrès des neurosciences. L'émergence de diverses approches alternatives plus ou moins reconnues et d'une réflexion multidisciplinaire en matière de santé mentale sont également des évolutions soulignées dans cette partie.

3 - De nombreux laboratoires cherchent à favoriser le remplacement des cellules détruites (les neurones dopaminergiques) à partir de cellules souche.

## ■ Sommes-nous notre cerveau ?

Pour essayer de comprendre le fonctionnement du cerveau, chaque époque a basé ses représentations sur ses machines les plus sophistiquées, systèmes d'irrigation, instruments d'optique, aujourd'hui ordinateurs. Nous soulignerons les limites de cette analogie, plutôt effrayante. L'histoire du cerveau reflète finalement l'histoire de nos croyances, qui s'impriment jusqu'à nos rationalités scientifiques.

Pour conclure cette investigation, nous interrogerons ce courant de la philosophie venu d'Outre Atlantique qui s'appuie sur les sciences cognitives pour reposer les grandes questions philosophiques. Il part du principe a priori peu contestable que le soi psychologique, social, moral, spirituel s'effectue à travers les opérations du cerveau qui les supportent. Lisons un tenant de ce principe, Joseph LeDoux <sup>4</sup> (2002), professeur au Centre de neurosciences de l'université de New York : « mon idée de la personnalité est très simple : c'est que notre "soi", l'essence de ce que nous sommes, est le reflet des configurations d'interconnectivité entre les neurones de notre cerveau. [...] Etant donnée l'importance de la transmis-

sion synaptique pour le fonctionnement cérébral, cela devrait pratiquement être un truisme que de dire que le soi est synaptique ».

Jean-Jacques Wunenburger, Doyen de la faculté de philosophie de Lyon 3, et Daniel Parrochia, professeur de philosophie des sciences réfutent les thèses « empiro-matérialistes » qui découlent de ce postulat.

Si le déterminisme biologique que révèle ce type de courant devenait plus prégnant qu'il n'est aujourd'hui, il rendrait parfaitement plausible le risque de voir utiliser, demain, des tests cognitifs et l'imagerie cérébrale, pour réaliser des formes de contrôle et de sélection, ou détecter les individus déviants par rapport aux normes sociales. L'histoire indique en effet qu'il n'y a pas d'avancée scientifique sans que la science ne soit « détournée », pour le meilleur et pour le pire, de ses visées initiales, à mesure que les applications se multiplient. Exemple, bénin pensera-t-on : des molécules destinées à remédier à des dysfonctionnements cérébraux sont déjà utilisées pour « augmenter » des performances cognitives (Ritaline pour la concentration, médicaments mnésiques...)

4 - Ledoux, Joseph (2002), Neurobiologie de la personnalité, Paris : Odile Jacob

