

## Le cerveau construit le monde de l'intérieur

Dossier spécial cerveau - par Anne Lefèvre-Balleydier dans mensuel n°477 daté juillet 2013 à la page 64 (1887 mots) | Gratuit

Vous en rêvez. Vous y êtes. À droite comme à gauche, et à perte de vue, de l'eau turquoise, des cocotiers, une plage de sable blanc, déserte. Vos yeux, émerveillés, ne se lassent pas de la contempler. Comment imaginer que, à l'instant présent, ils ne jouent qu'un rôle mineur dans votre perception du paysage ? Telle est pourtant la théorie avancée, il y a environ vingt ans, par un neurobiologiste de l'université de New York. Et depuis, grâce aux progrès réalisés dans les moyens d'exploration du cerveau, de nombreuses études sont venues la conforter.

### Synchronisation neuronale

C'est en 1991 que Rodolfo Llinás formule sa théorie [1]. À l'en croire, seul un petit pourcentage de nos perceptions serait fourni par nos sens, notre cerveau s'appuyant surtout sur son activité interne pour se représenter le monde, comme dans un rêve. L'idée peut choquer. Pourtant ce Colombien devenu chercheur à l'université de New York est alors mondialement connu pour ses travaux sur le cerveau des mammifères. Depuis une quinzaine d'années, l'homme se passionne pour la propriété très particulière qu'ont les neurones de synchroniser de façon spontanée leurs signaux électriques selon des rythmes précis, lorsqu'ils sont connectés entre eux.

D'abord suspectée par le neurophysiologiste belge Frédéric Bremer, au milieu du XXe siècle, cette propriété des neurones que l'on dit « intrinsèque » a été par la suite abondamment observée chez les organismes invertébrés. Rodolfo Llinás l'a, quant à lui, étudiée dans le système nerveux central de mammifères. Et d'année en année, s'est forgée en lui la conviction que l'activité électrique ainsi générée de façon spontanée joue un rôle clé dans le fonctionnement de notre cerveau. Voilà pourquoi, en 1991, il décide de prendre à bras-le-corps la question de son lien avec la

perception. Pour le seconder, il confie une partie de la tâche à un jeune chercheur canadien : Denis Paré.

Ensemble, les deux hommes épluchent toutes les données publiées sur l'éveil et le rêve, deux états cérébraux *a priori* très différents. Depuis la mise au point des premiers enregistrements de l'activité du cerveau par électroencéphalogramme (EEG), ces états ont fait l'objet de quantité d'études. Or, en examinant ces travaux, Rodolfo Llinás et Denis Paré relèvent qu'en définitive bien peu de chose sépare le rêve et l'éveil.

Bien sûr, le rêve se distingue par une paralysie musculaire qui touche tout le corps à l'exception des yeux. De plus, si des informations provenant des organes des sens semblent bien parvenir au cerveau de celui qui rêve, elles n'entraînent que rarement une réaction, si ce n'est le réveil (lire « Le sommeil ne nous coupe pas du monde », p. 50). Reste que, du point de vue de l'activité électrique du cerveau, il n'y a aucune différence entre l'éveil et le rêve. Les deux scientifiques en concluent qu'il s'agit de deux états cérébraux très similaires, sur lesquels les sens jouent peu. Et pour appuyer leurs propos, ils se penchent sur le câblage du cerveau.

### **Information sensorielle**

À l'époque, plusieurs travaux chez la souris montrent déjà que, dans la partie du cortex cérébral chargée de traiter les informations visuelles, les connexions se font surtout entre neurones du cortex. En effet, au cœur du cerveau, c'est une structure particulière, le thalamus\*, qui récupère les signaux issus des organes des sens (sauf l'odorat), pour les renvoyer vers chacune des aires du cortex dévolues à leur traitement : l'aire visuelle, l'aire auditive, etc. (voir « Comment fonctionnent nos sens », p. 53). Or chez les souris, seuls 10 % des neurones du cortex visuel reçoivent les signaux de neurones du thalamus en provenance des organes des sens. Les autres communiquent entre eux. De plus, comme le révèlent des études menées

chez le chat, le nombre de connexions des neurones du thalamus vers le cortex est dix fois moindre que celui des contacts établis en sens inverse. Toutes ces données tendent donc à renforcer l'idée selon laquelle la majorité de l'information que reçoit le cortex n'est pas sensorielle.

Dès lors, comment le monde est-il perçu ? Selon Rodolfo Llinás, au cours du développement, une représentation du monde se met en place dans notre cerveau, quand les neurones entrent en contact les uns avec les autres. Dans le cortex, elle se traduit par des échanges d'informations entre les cellules nerveuses, autrement dit par une activité électrique qui ne s'interrompt jamais, si ce n'est avec la mort. Grâce à elle, au lieu d'élaborer de A à Z l'image d'un paysage observé, notre cerveau la reconstruit en n'utilisant les signaux venus de la rétine que pour vérifier la cohérence du résultat obtenu.

### **Activité permanente**

En 1991, une telle conception de la perception, aussi séduisante soit-elle, bouscule cependant les idées établies. En effet, si l'existence de cette activité permanente du cerveau est admise, elle semble aléatoire sur le tracé de l'EEG à l'éveil et pendant les rêves. On l'assimile donc à un « bruit », une activité de fond sans signification. Mais surtout, depuis les travaux du médecin britannique Charles Sherrington sur les réflexes, au début du XXe siècle, tous les neurobiologistes ou presque conçoivent le cerveau comme un organe enregistrant passivement les données qui lui sont fournies par les sens, avant d'y répondre par une combinaison d'actions réflexes.

### **Confirmations expérimentales**

Ce point de vue a d'ailleurs été renforcé dans les années 1960, lorsque deux futurs Prix Nobel, le Canadien David Hubel et le Suédois Torsten Wiesel, ont détaillé le traitement de l'information visuelle dans le cortex du

chat. Reste que ces expériences, comme toutes celles menées sur des animaux vivants, impliquaient une anesthésie. Ce qui a brouillé la vision qu'avaient les scientifiques de l'activité permanente du cerveau. Or, vers la fin des années 1990, il devient possible de mesurer l'activité des neurones du cortex en l'absence d'anesthésie, au moyen de microélectrodes implantées à l'intérieur du crâne (lire « La technique au secours de la théorie », p. 65).

Au fil des recherches, les neurobiologistes découvrent alors que les barbituriques, longtemps utilisés pour endormir les cobayes, font disparaître les décharges spontanées des neurones. Ainsi, lorsqu'une anesthésie est réalisée, aucune activité n'est décelable si le cerveau n'est pas stimulé par la vision d'images, l'audition d'un bruit, etc. : voilà pourquoi l'idée dominante était celle d'un cerveau enregistrant passivement les données fournies par les sens. En mesurant cette activité sans barbituriques, plusieurs équipes vont dès lors abonder dans le sens de Rodolfo Llinás et montrer que, loin d'être un « bruit », l'activité permanente du cerveau a une influence déterminante dans le traitement des informations sensorielles.

La preuve la plus éclatante en est apportée en 2004 par Jozsef Fiser et ses collaborateurs, à l'université de Rochester, aux États-Unis [2]. Ces derniers s'intéressent à l'acquisition de la vision en examinant au moyen d'électrodes l'activité du cortex visuel de furets, petits mammifères qui naissent aveugles. Si leur vision suivait le modèle dominant, leur cortex visuel ne devrait être actif qu'à la présentation d'une image. C'est d'ailleurs ce que constate l'équipe chez le fureton qui vient d'ouvrir ses paupières, bien que la réponse soit faible.

Mais chez l'adulte, c'est une tout autre histoire ! D'une part, son cortex visuel est actif au repos, quand le furet n'est pas sollicité et est placé dans l'obscurité. D'autre part, cette activité est quasi identique à celle enregistrée

quand l'animal assiste à la projection d'un film mettant en scène des humains. Ces résultats témoignent bien du poids important de l'activité interne du cerveau mature, comparée à l'activité de réponses à des stimuli sensoriels. Et ils ne sont pas les seuls.

### **Réseaux neuronaux**

En 2009, Kenneth Harris, alors à l'université de Rutgers, aux États-Unis, et ses collègues aboutirent à des conclusions similaires en enregistrant, selon les mêmes méthodes, l'activité cérébrale de rats placés au calme ou encore forcés d'écouter le son émis par des insectes [3].

De même, en mesurant non plus l'activité de plusieurs neurones mais d'un seul chez un chat éveillé [fig. 1], Alain Destexhe et ses collègues, de l'unité CNRS de neurosciences, information & complexité, à Gif-sur-Yvette, obtient des résultats similaires à ceux de Fiser [4]. Plus récemment, en combinant modélisation mathématique et expériences sur du tissu cérébral humain ou animal, ces neurobiologistes ont confirmé que les neurones subissent peu l'influence de signaux fournis par les sens, et que leur réponse est dominée par l'activité spontanée du cortex [5].

L'utilisation de l'imagerie cérébrale est, elle aussi, venue éclairer cette activité. La première observation de celle-ci remonte à 1995. Alors qu'il s'apprête à régler l'appareil d'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) utilisé à la faculté de médecine du Wisconsin, aux États-Unis, l'Américain Bharat Biswal voit apparaître simultanément, chez un sujet immobile, une activité dans les zones droite et gauche du cortex contrôlant les mouvements des mains. Puisqu'elle est synchronisée des deux côtés, cette activité ne peut être assimilée à un bruit.

Et, tout comme les travaux de Llinás ont stimulé la recherche dans le petit monde de l'électrophysiologie, les observations de Bharat Biswal vont être suivies de beaucoup d'autres, dans le milieu des cliniciens [6]. De

nombreux réseaux d'aires cérébrales, s'activant ensemble en absence de toute stimulation sensorielle, sont ainsi mis en évidence, dans les régions du cerveau impliquées dans la vision, l'audition, le langage, etc. **[fig. 2]**. En 2001, Marcus Raichle, de l'université Washington à Saint-Louis, aux États-Unis, baptise « réseau du mode par défaut » l'ensemble de neurones dont la synchronisation se révèle la plus flagrante **[7]**.

### **Pathologies liées**

Ce réseau correspond à plusieurs régions cérébrales, dont certaines sont connues pour jouer un rôle dans l'attention, la conscience du soi ou la mémorisation d'événements dans leur contexte. Diverses hypothèses sont alors avancées quant à sa fonction : il pourrait, par exemple, aider l'individu à imaginer son avenir en s'appuyant sur les expériences passées, faciliter la compréhension d'autrui, voire contribuer à maintenir une forme d'attention diffuse.

Enfin, quel intérêt y aurait-il à percevoir le monde en s'appuyant très peu sur les sens ? En élaborant une représentation du monde à partir d'un petit nombre d'indices sensoriels, un tel mode de perception pourrait palier les informations limitées que nous procurent nos organes des sens, après un câblage restreint. Par ailleurs, l'activité permanente de notre cerveau contribue sans doute à rendre nos réactions plus adaptées à l'environnement, en permettant d'anticiper nos réponses.

En 2007, des expériences ont ainsi montré que, si cette activité est élevée, la douleur ressentie est plus forte lorsqu'on nous pince le bras. En revanche, dès lors qu'elle prendrait trop d'importance, l'activité intrinsèque de notre cerveau pourrait donner lieu à diverses formes d'hallucinations, voire expliquer la schizophrénie, l'autisme ou la dépression : si notre monde interne n'est pas suffisamment mis à jour avec le monde réel, il court en effet le risque de perdre sa cohérence.

Plusieurs études menées en IRMf tendent à confirmer l'existence d'un réseau du mode par défaut qui « déraille » et devient anormal dans ces pathologies. Dans le monde des cliniciens, l'existence de ce réseau fait donc aujourd'hui consensus. Reste que pour identifier les mécanismes qui l'altèrent, encore faudrait-il comprendre comment l'activité interne du cerveau contrôle précisément les réponses des neurones.

Or ce travail de recherche relève davantage de la sphère des neurophysiologistes. Mais, comme le fait remarquer Alain Destexhe, ces chercheurs continuent bien souvent d'examiner les réponses déclenchées par des stimuli sensoriels, en ignorant l'activité interne de notre cerveau. Les vieilles idées ont la vie dure. Et la théorie de Llinás est encore toute jeune !

Par Anne Lefèvre-Balleydier