

Matthew Cobb

Une brève histoire du cerveau

De l'âme au neurone

Traduit de l'anglais par
Nicolas Chevassus-au-Louis

Préface de
Michel Morange
Professeur émérite
Institut d'histoire et de philosophie des sciences
et des techniques (IHPST)
Université Paris I Panthéon Sorbonne

DUNOD

© Matthew Cobb, 2020

First published as *The Idea of the Brain* by Profile Books Ltd.

L'édition originale de cet ouvrage a été publiée sous le titre
The Idea of the Brain par Profile Books Ltd.

Direction artistique : Élisabeth Hébert

Couverture : Julie Coinus

Ouvrage publié avec le concours du



© Dunod, 2021 pour la traduction française

11 rue Paul Bert, 92240 Malakoff

www.dunod.com

ISBN 978-2-10-081707-8

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2^o et 3^o a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

Préface à l'édition française

Le titre de cet ouvrage, comme tout titre condamné à être court, ne reflète pas parfaitement son objet, qui est la mise en évidence d'un paradoxe. Il n'y a plus guère de neurobiologistes pour douter que le cerveau « secrète » la pensée et la conscience comme le foie la bile, mais la manière dont il le fait reste inconnue, et aucun des modèles proposés jusqu'ici n'a apporté même un début de réponse satisfaisante. Grâce à cet ouvrage, aux éditions Dunod et à l'excellente traduction de Nicolas Chevassus-au-Louis, les lecteurs français pourront découvrir un auteur original, déjà bien connu du public anglophone, tant pour l'originalité des thèmes qu'il aborde que pour son style vivant et le regard critique qu'il porte sur les sujets qu'il explore : les théories de la génération au XVII^e siècle, la découverte du plus grand secret de la vie – le code génétique – au XX^e siècle ou l'histoire de la Résistance française. La clé de sa réussite est de combiner des connaissances riches et diverses, et un goût très fort pour l'histoire et ses acteurs ; ce qui lui permet à la fois d'admirer les progrès accomplis dans les sciences, mais de voir aussi les obstacles auxquels elles se sont heurtées dans le passé et ceux qui aujourd'hui encore freinent leur développement.

Le présent ouvrage, publié en langue anglaise très récemment, est certainement le plus personnel que Matthew Cobb ait écrit jusqu'à présent, puisqu'il a lui-même contribué à l'étude du cerveau par ses travaux sur le comportement – en particulier olfactif – des insectes, et la question posée au cœur du livre, « avons-nous, ou aurons-nous bientôt, une explication biologique de la conscience ? », peut difficilement laisser indifférent son auteur. Et ce n'est pas trahir un secret que de dire que Matthew Cobb a consacré à la préparation de cet ouvrage encore plus de temps et d'énergie qu'à ses ouvrages précédents.

Ce livre n'est pas une histoire des théories biologiques et philosophiques sur le cerveau et la conscience. Il n'est pas non plus un état de la question en ce début de *xxi*^e siècle, ni un questionnement sur les obstacles rencontrés et la manière de les surmonter. Il est tout cela à la fois... et bien plus. Il met en lumière des acteurs et des contributions qui ont été oubliés. Il montre combien les carrières scientifiques sont dépendantes des circonstances et des relations que nouent les chercheurs. Il rappelle aussi ce qui est souvent occulté dans les ouvrages de neurobiologie : le prix payé par de nombreux cobayes, humains ou animaux, pour ce progrès des connaissances. Il offre un tableau très complet des expériences et des connaissances récemment acquises. Enfin, il révèle ce que l'on trouve malheureusement trop rarement dans les ouvrages qui parlent de science : les modèles que tous les chercheurs admirent, mais que bien peu comprennent ; les expériences qui, bien que parfaitement reproductibles, ne disent pas ce que l'on avait initialement cru pouvoir leur faire dire ; et tout ce qui a été laissé de côté dans les études pour de bonnes, mais plus souvent de mauvaises raisons : le corps, comme si le cerveau flottait dans le vide, les cellules autres que les neurones qui sont présentes dans le cerveau et les neurohormones. De manière plus grave, mais c'est un reproche que l'on pourrait faire à de très nombreux travaux de biologie, le fonctionnement du cerveau est étudié en occultant le fait qu'il s'est construit progressivement au cours de l'évolution.

Nous ne dévoilerons pas la manière dont l'auteur voit l'évolution des recherches dans les futures décennies. Son objectif est d'ailleurs de faire un recensement des possibles bien plus que de choisir entre eux.

Je voudrais retenir simplement deux questions qui ont une place majeure dans l'ouvrage et qui intéresseront tous ceux qui s'interrogent sur la formation des connaissances scientifiques.

La première est celle des modèles qui ont accompagné et parfois permis le progrès des connaissances, particulièrement mais pas uniquement, des sciences du vivant. L'étude du système nerveux a successivement bénéficié d'un modèle hydraulique, électrique et plus récemment informatique. À la lecture de cet ouvrage, il est bien difficile de porter un jugement sur leur valeur heuristique. Le lecteur découvrira, à sa surprise sans doute, tant le modèle informatique continue à être largement

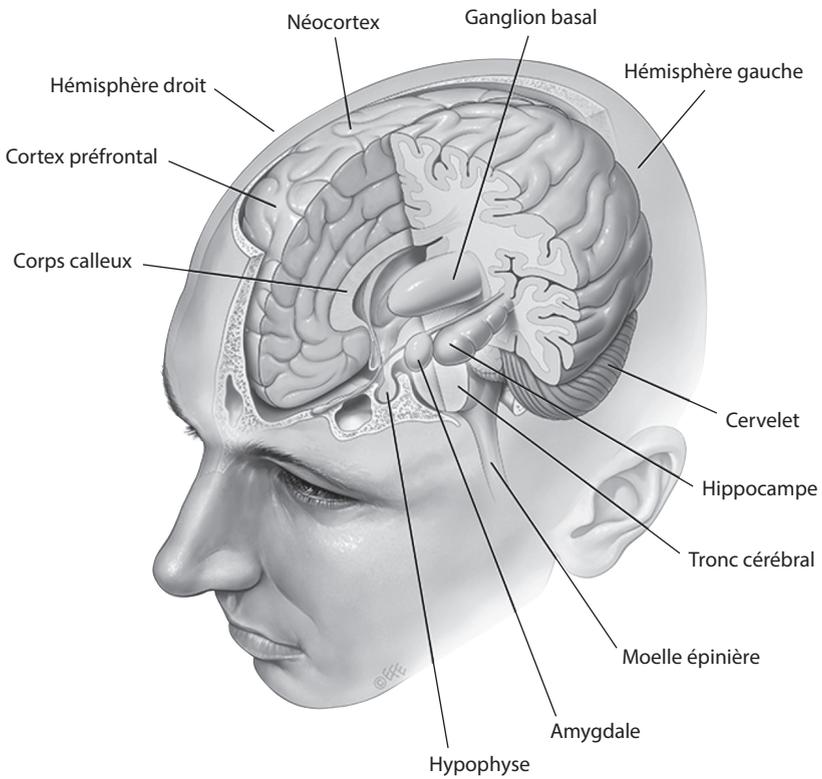
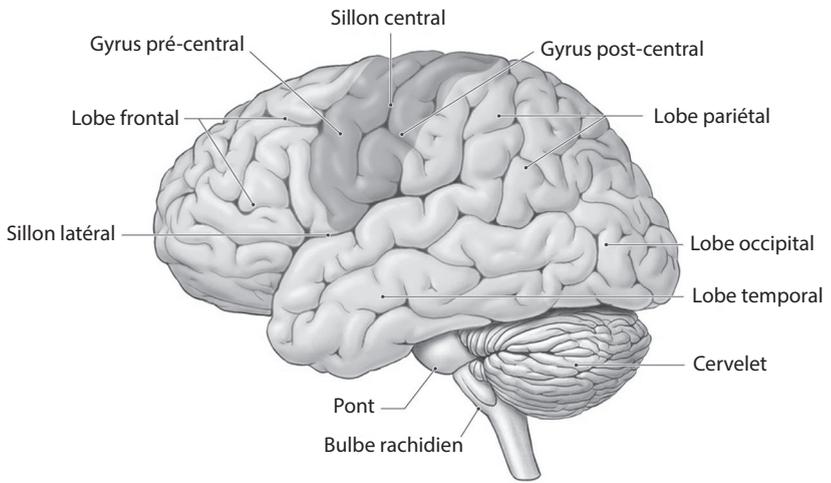
diffusé dans les médias, que de nombreux neurobiologistes s'interrogent sur sa pertinence, et que certains pensent même qu'il constitue un obstacle qu'il faudra surmonter pour progresser dans la connaissance du cerveau ; ce qui jette un doute sur la possibilité de produire rapidement des machines qui pensent.

Une seconde question qui a occupé une place centrale dans l'étude du cerveau depuis le début du XIX^e siècle, mais n'est pas absente dans d'autres disciplines scientifiques, est celle de la localisation des fonctions. Si l'on replace le problème dans un cadre plus large, il s'agit de savoir si la fonction globale d'un système peut être plus ou moins facilement déduite de celles de ses parties. La question et les réponses ont été largement dépendantes des techniques utilisées pour mettre en évidence les fonctions du système. Aujourd'hui, c'est l'imagerie par résonance magnétique (IRM) qui constitue l'outil principal. Matthew Cobb montre combien il faut être prudent dans l'interprétation des observations. Cette prudence et cette méfiance se retrouvent aussi dans les jugements qu'il porte sur des notions ou des théories considérées par leurs adeptes comme « la » solution du problème de la conscience.

Le lecteur aura compris que la lecture de cet ouvrage est une priorité. Il est riche en informations et très agréable à lire. Surtout, guidé par l'auteur, il force à réfléchir à une question centrale pour tout être humain : d'où vient cette étrange capacité à penser, et à être conscient de ses pensées ?

Michel Morange
Professeur émérite
Institut d'histoire et de philosophie des sciences
et des techniques (IHPST)
Université Paris I Panthéon Sorbonne

*À la mémoire de Kevin Connolly (1937-2015),
professeur de psychologie à l'université de Sheffield,
qui m'a mis sur la route qui m'a conduit jusqu'ici.*



Les principales régions du cerveau humain

Prologue

En 1665, l'anatomiste danois Nicolas Sténon s'adressa à un petit groupe de savants réunis à Issy, dans la banlieue sud de Paris. Devant ce cénacle, dont allait en partie naître peu après l'Académie des sciences, fut formulée pour la première fois l'approche moderne du cerveau. Sténon défendait l'idée que, pour comprendre comment fonctionne le cerveau, il faut, plutôt que d'en décrire les différentes parties, le considérer comme une machine que l'on démontrerait pour voir comment elle marche.

Cette idée révolutionnaire est suivie depuis plus de 350 ans. On a scruté en détail le tissu cérébral, enlevé des morceaux de cerveau, enregistré l'activité électrique des cellules nerveuses (les neurones) et, plus récemment, modifié le fonctionnement neuronal avec des conséquences surprenantes. Bien que la plupart des chercheurs en neurosciences n'aient jamais entendu parler de Sténon, son approche a dominé des siècles de sciences du cerveau. Elle est à l'origine des remarquables progrès dans la compréhension de notre plus extraordinaire organe.

Nous savons aujourd'hui induire chez une souris un faux souvenir d'odeur qu'elle n'a jamais rencontrée, améliorer sa mémoire, et même modifier par une décharge électrique la manière dont les gens perçoivent les visages. Nous traçons des cartes fonctionnelles du cerveau de plus en plus détaillées, qu'il soit humain ou non. Chez certaines espèces, nous savons modifier à volonté la structure la plus intime du cerveau, ce qui entraîne des changements de comportement de l'animal. Les dispositifs qui permettent à une personne paralysée de contrôler un bras robotisé par son seul esprit sont une des manifestations les plus frappantes de notre maîtrise croissante du cerveau.

Nous ne savons cependant pas tout faire, du moins pour le moment. Nous ne savons pas créer artificiellement une expérience sensorielle précise

(ce que les drogues hallucinogènes font, mais de manière non contrôlée) chez l'homme, même si nous y parvenons chez la souris. Deux équipes ont récemment entraîné des souris à lécher une bouteille d'eau pour boire lorsqu'elles voyaient certaines bandes lumineuses, tout en enregistrant l'activité électrique d'un petit nombre de neurones dans les centres visuels de leur cerveau. Puis, à l'aide de techniques complexes d'optogénétique, ils ont créé artificiellement ce motif d'activité neuronale chez les mêmes souris. Elles se sont alors mises à lécher la bouteille comme si elles avaient vu les bandes lumineuses, même lorsqu'elles étaient plongées dans l'obscurité la plus profonde. Une interprétation possible est que, pour la souris, le motif d'activité neuronale associé à la vision de ces bandes est identique au fait de voir réellement ces bandes. D'autres expériences astucieuses seront nécessaires pour tester cette interprétation, mais le fait est que nous sommes sur le point de comprendre comment des motifs d'activité au sein de réseaux de neurones créent des perceptions sensorielles.

Ce livre raconte l'histoire de siècles de découvertes qui ont vu de brillants esprits, certains aujourd'hui oubliés, d'abord comprendre que le cerveau produit la pensée, puis commencer à étudier comment il le fait. Ce livre décrit les découvertes extraordinaires faites depuis que nous tentons de comprendre le fonctionnement du cerveau, tout en portant une attention particulière au récit des expériences ingénieuses qui ont permis ces nouveaux savoirs.

Mais ce grand récit du progrès des connaissances présente un grave défaut, que reconnaissent rarement les nombreux livres qui entendent expliquer le fonctionnement du cerveau. Nous ne comprenons pas clairement, même si nous avons quelques idées à ce sujet, comment des milliards, des millions, des milliers ou même des dizaines de neurones travaillent ensemble pour produire l'activité cérébrale.

Nous avons une idée générale de la manière dont tout cela se passe. Le cerveau interagit avec le monde extérieur et avec le corps, codant les stimuli qu'il en reçoit grâce à des réseaux neuronaux à la fois innés et acquis. Le cerveau prédit comment ces stimuli sont susceptibles de changer de manière à anticiper une réponse. Les neurones, avec leurs connexions complexes et les nombreux signaux chimiques dans lesquels ils baignent, sont responsables de tous ces phénomènes. Même si cela peut heurter vos croyances les plus intimes, il n'existe aucune personne

désincarnée flottant dans votre tête qui guiderait l'activité de votre cerveau. Il n'existe que des neurones, et leurs réseaux de connexions imbibés de substances chimiques.

Mais s'il s'agit de comprendre ce qui se passe dans un cerveau au niveau des réseaux neuronaux et des cellules qui les constituent, ou de prédire les conséquences de la modification de l'activité d'un réseau particulier, force est de reconnaître que nous n'en sommes qu'aux balbutiements. Nous sommes peut-être capables d'induire une perception visuelle artificielle chez la souris en mimant un certain motif d'activité neuronale, mais nous ne comprenons pas bien comment et pourquoi cette perception visuelle produit naturellement cette activité.

L'idée fondatrice de Sténon selon laquelle il faut aborder le cerveau comme une machine est importante pour comprendre comment nous avons pu faire de tels progrès tout en n'ayant qu'une compréhension si superficielle de l'étonnant organe que nous avons dans la tête. Le terme de machine a pris, à travers les siècles, différentes significations. Chacune d'elle a eu des conséquences sur la manière de concevoir le cerveau. Du temps de Sténon, n'existaient que deux types de machines pouvant servir de modèle : les moulins à eau, et les horloges. Il s'avéra vite qu'elles n'étaient guère utiles à la compréhension de la structure ou du fonctionnement du cerveau, et plus personne ne s'en inspire aujourd'hui. Au XIX^e siècle, avec la découverte de cellules nerveuses répondant aux stimulations électriques, le cerveau est d'abord vu comme un réseau télégraphique puis, après la découverte des neurones et des synapses, comme un central téléphonique, à l'organisation plus flexible (cette métaphore est parfois encore utilisée dans les articles scientifiques).

Depuis les années 1950, nos conceptions sont dominées par des concepts importés de l'informatique vers la biologie : boucles de rétroaction, codage de l'information, calcul. Mais même si de nombreuses fonctions du cerveau impliquent bien une forme ou une autre de calcul, il n'en est que très peu que nous comprenions vraiment et de nombreuses idées théoriques, brillantes et influentes, sur la manière dont le cerveau calcule se sont révélées complètement fausses. Surtout, et les scientifiques du milieu du XX^e siècle qui avaient les premiers proposé ce parallèle entre cerveau et ordinateur l'ont vite compris, le cerveau n'est pas numérique. Même le cerveau de l'animal le plus simple n'est pas un ordinateur,

même d'un modèle que nous ne saurions qu'imaginer et non construire. Le cerveau n'est pas un ordinateur, mais il en est plus proche qu'il ne l'est d'une horloge, et réfléchir aux parallèles entre ordinateur et cerveau peut nous aider à comprendre ce qui se passe dans nos têtes, ou dans celle des animaux.

À explorer les machines auxquelles on a comparé, au fil des siècles, le cerveau, il est clair que, même si nous sommes loin d'une compréhension complète, notre réflexion s'est considérablement enrichie. Ce n'est pas tant dû aux faits surprenants que nous avons découverts qu'à la manière dont nous les interprétons.

À travers les siècles, chaque nouvelle couche de métaphore technologique est venue ajouter quelque chose à notre compréhension, en permettant de concevoir de nouvelles expériences et de réinterpréter les anciennes. Mais, étroitement liés à nos métaphores, nous finissons toujours par être limités dans les questions que nous nous posons et la manière dont nous les abordons. Beaucoup de scientifiques sont aujourd'hui convaincus qu'en concevant le cerveau comme un ordinateur qui répond passivement à des signaux d'entrée en analysant des données, nous oublions qu'il est un organe actif, qu'il fait partie d'un corps qui interagit avec le monde extérieur, et dont l'histoire évolutive a modelé la structure et la fonction. Nous perdons de vue des aspects essentiels de son activité. En d'autres termes, les métaphores que nous utilisons modèlent nos idées, mais pas toujours de manière heureuse.

Conséquence de ces liens entre la technologie et les sciences du cerveau, nos futures idées seront influencées par de nouveaux développements technologiques imprévisibles. À l'avenir, nous reviendrons sur nos certitudes actuelles, écartérons des idées fausses et développerons de nouvelles théories. Oui, mais dans quel sens ? Pour des scientifiques convaincus que leur pensée – y compris les questions qu'ils se posent et les expériences qu'ils imaginent – est en partie structurée et limitée par les métaphores technologiques, il est extrêmement tentant de chercher à savoir quelle sera la prochaine grande innovation technologique. Si j'avais la moindre idée à ce sujet, je serais très riche.

*

Ce livre n'est ni une histoire des neurosciences, ni une histoire de l'anatomie et de la physiologie du cerveau, ni une histoire des études sur la conscience, ni une histoire de la psychologie. Il contient un petit peu de tout cela, mais l'histoire que je raconte est fort différente pour deux raisons. La première est que mon propos est d'explorer la richesse des manières dont nous nous sommes représentés le cerveau avec un intérêt tout particulier pour les preuves expérimentales. De ce fait, ce livre ne traite pas seulement du cerveau humain, car l'étude du cerveau d'autres animaux, et pas seulement parmi les mammifères, a permis de mieux comprendre ce qui se passe dans nos têtes.

L'histoire de la compréhension du cerveau présente des thèmes récurrents, dont certains provoquent toujours d'intenses débats aujourd'hui. Un bon exemple est l'éternelle controverse sur le niveau de localisation de certaines fonctions dans des régions spécifiques du cerveau. Cette idée remonte à des millénaires. À maintes reprises, et de nos jours encore, on a pu affirmer que des parties du cerveau sont responsables de certaines choses, comme la perception tactile de la main, la capacité à maîtriser la syntaxe ou la maîtrise de soi. Ces affirmations n'ont en général pas tardé à être nuancées, soit que l'on ait découvert que d'autres régions influençaient aussi cette fonction, soit que l'on se soit rendu compte que la région en question était aussi impliquée dans d'autres tâches. À chaque fois, l'idée de localisation n'a pas été complètement abandonnée, mais elle est devenue bien plus floue qu'on ne le pensait d'abord. La raison en est simple. Les cerveaux, contrairement aux machines, n'ont pas été conçus. Aucun plan n'a été dressé. Ce sont des organes qui ont évolué depuis plus de cinq cents millions d'années, et il n'y a donc que très peu, voire aucune, raison de s'attendre à ce qu'ils fonctionnent comme les machines de notre invention. L'intuition fondatrice de Sténon – aborder le cerveau comme s'il était une machine – s'est avérée incroyablement fertile, mais elle ne permettra jamais d'arriver à une description complète et satisfaisante de la manière dont le cerveau fonctionne.

L'interaction entre sciences du cerveau et technologie, qui est le fil conducteur de ce livre, souligne que la science fait partie de la culture. Une partie de l'histoire que nous nous apprêtons à raconter montrera comment les idées de leur époque sur le cerveau se retrouvent dans les

œuvres de Shakespeare, Mary Shelley, Philip K. Dick et d'autres. Cette histoire culturelle montre, de manière intrigante, que les métaphores peuvent s'échanger dans les deux sens. Au XIX^e siècle, au moment où le cerveau et le système nerveux sont pensés comme des réseaux télégraphiques, le décryptage de messages codés en Morse est décrit en termes d'activité nerveuse. De même, les premiers ordinateurs sont comparés à des cerveaux et les découvertes de la biologie servent à justifier les projets de John von Neumann de construire le premier ordinateur numérique.

La seconde raison pour laquelle ce livre n'est pas seulement historique se découvre à la lecture de son sommaire, qui comprend trois parties : passé, présent, futur. La partie « présent » montre que, pour certains chercheurs, la métaphore de l'ordinateur qui guide notre compréhension du cerveau depuis quelque soixante-dix ans va bientôt nous conduire dans une impasse.

Voilà qui peut paraître paradoxal, au vu de l'accumulation considérable de données sur la structure et la fonction d'une vaste gamme de cerveaux, des plus petits au nôtre. Des dizaines de milliers de chercheurs consacrent une énergie et un temps considérables à réfléchir au fonctionnement cérébral, que de nouvelles technologies époustouflantes nous rendent de mieux en mieux capables de mesurer et de manipuler. Chaque jour apporte son lot de nouvelles découvertes sur le cerveau, mais aussi de promesses – ou de menaces – de nouvelles technologies qui nous rendront capables de faire des choses aussi incroyables que de lire les pensées, détecter les criminels ou même télécharger notre esprit dans un ordinateur.

À rebours de cette activité exubérante, le sentiment, perceptible depuis une dizaine d'années dans les revues et livres scientifiques, se répand parmi les spécialistes des neurosciences que l'avenir de leur discipline n'est pas si radieux. Il est difficile de savoir ce qu'il faudrait faire, à part accumuler encore plus de données ou faire confiance à la dernière approche expérimentale à la mode. Cela ne veut pas dire que tous sont pessimistes. On trouve par exemple des chercheurs convaincus que l'utilisation de nouvelles méthodes mathématiques permettra de décrire les innombrables interconnexions du cerveau humain. D'autres

préfèrent étudier les minuscules cerveaux de vers et d'asticot, en comptant ensuite, selon une approche éprouvée, appliquer les enseignements tirés de l'étude de ces systèmes très simples à des cas plus complexes. Au fond, la plupart des spécialistes pensent que les progrès seront nécessairement lents et fragmentaires, et qu'il est illusoire d'attendre une grande théorie unificatrice.

Le problème est double. Le premier aspect est que le cerveau, et pas seulement celui de l'homme, est d'une complexité sidérante, qui en fait l'objet le plus complexe de l'univers. L'astronome Lord Reeds a souligné qu'un cerveau d'insecte est plus complexe qu'une étoile et Darwin a écrit que le cerveau d'une fourmi, si petit mais capable de produire une telle diversité de comportements, « est l'une des plus merveilleuses choses dans le monde, peut-être plus encore que le cerveau d'un homme ». Voilà qui donne la mesure du défi à relever si l'on veut comprendre le fonctionnement cérébral.

Ce qui nous mène au second aspect. En dépit d'un tsunami de données sur le cerveau alimenté par des laboratoires du monde entier, nous manquons d'idées sur la manière de les utiliser comme sur leur signification. Je pense que cela montre que la métaphore de l'ordinateur, qui a été si utile pendant un demi-siècle, pourrait bien avoir atteint ses limites, tout comme celle du cerveau comme système télégraphique finit par perdre tout intérêt au XIX^e siècle. Certains scientifiques en viennent à remettre en cause les métaphores les plus installées du cerveau et du système nerveux, comme l'idée que les réseaux neuronaux représentent le monde extérieur grâce à un code neural. Le cadre qu'imposent ces métaphores très répandues pourrait s'avérer trop étroit pour favoriser l'essor de la compréhension scientifique de la manière dont fonctionne le cerveau.

On peut soutenir que, même en l'absence de nouvelles technologies, les développements de l'informatique, en particulier de l'intelligence artificielle et des réseaux de neurones formels – domaines qui, soit dit en passant, s'inspirent de la manière dont fonctionne le cerveau – vont donner une nouvelle vie à la métaphore de l'ordinateur. Peut-être. Mais comme on le lira, les meilleurs spécialistes de l'apprentissage profond – le domaine le plus dynamique et le plus étonnant de l'informatique actuelle – reconnaissent bien volontiers qu'ils ne comprennent pas

comment leurs programmes font ce qu'ils font. Je ne suis pas du tout persuadé que l'informatique nous fournira de nouveaux éclairages sur la manière dont le cerveau fonctionne.

Un des indicateurs les plus graves de notre méconnaissance du cerveau est la très sérieuse crise de notre compréhension de la santé mentale. Depuis les années 1950, la science et la médecine ont développé des approches chimiques pour soigner les maladies mentales. Des milliards de dollars ont été dépensés pour développer des médicaments aujourd'hui largement prescrits, mais on ne sait toujours pas bien pourquoi ils sont efficaces, ni même s'ils le sont. Il n'existe aucune perspective de développement de nouvelles catégories de médicaments contre les principales maladies mentales. La plupart des grandes entreprises pharmaceutiques ont renoncé à trouver de nouvelles molécules antidépresseurs ou anxiolytiques, car elles estiment que le coût autant que l'incertitude de ces recherches sont trop élevés. Ce n'est au fond guère surprenant : puisque nous ne sommes déjà pas capables de comprendre correctement ce qui se passe dans le cerveau des animaux les plus minuscules, il n'y a guère de chances que nous sachions quoi faire lorsque nos têtes se mettent à ne plus tourner rond.

Une énergie considérable est consacrée à décrire les innombrables connexions entre neurones et créer ce que l'on appelle des connectomes, ou plus simplement mais aussi plus métaphoriquement des plans de câblage. Il n'est pas aujourd'hui envisageable d'établir un connectome au niveau cellulaire d'un cerveau de mammifère, bien trop complexe, mais on en possède de plus basse résolution. De tels travaux sont indispensables, car nous avons besoin de comprendre comment les différentes parties du cerveau sont connectées, mais ils ne pourront à eux seuls donner un modèle de fonctionnement cérébral. De plus, il ne faut pas sous-estimer le temps nécessaire à ces entreprises. Des chercheurs sont en train d'établir un connectome fonctionnel des dix mille cellules d'un cerveau d'asticot mais je serais bien surpris si, même d'ici cinquante ans, nous comprenions comment fonctionnent ces cellules et leurs interconnexions. On pourrait en déduire que comprendre le cerveau humain, avec ses dizaines de milliards de cellules et sa faculté troublante et incroyable à produire l'esprit, est un but inatteignable. Mais la science est la seule méthode permettant d'aller vers ce but, et il sera un jour atteint.

PROLOGUE

À plusieurs reprises déjà, par le passé, les chercheurs travaillant sur le cerveau se sont montrés hésitants quant aux recherches à mener. Dans les années 1870, alors que s'effondrait la métaphore télégraphique, la science du cerveau était pleine de doutes, et beaucoup de chercheurs pensaient que l'on ne pourrait jamais élucider la nature de la conscience. Cent cinquante ans plus tard, nous ne comprenons toujours pas l'émergence de la conscience, mais les scientifiques sont plus confiants dans la perspective d'y parvenir un jour, même si les défis à relever sont énormes.

Comprendre les efforts des chercheurs d'autrefois pour percer les mystères du cerveau aide à définir ce que nous devons faire aujourd'hui pour atteindre ce but. Notre ignorance actuelle ne doit pas être tenue pour une défaite mais pour un défi, un moyen de nous concentrer sur ce qu'il faut d'abord découvrir et de concevoir un programme de recherche pour y parvenir. La dernière partie, plus spéculative, de ce livre est consacrée à ces défis à relever. Certains lecteurs pourront la trouver provocatrice et ils auront bien raison. Mon propos est bien de provoquer une réflexion sur ce qu'est le cerveau, sur ce qu'il fait et sur comment il le fait, et surtout d'encourager à penser les étapes suivantes de la recherche, même en l'absence de nouvelles métaphores technologiques. C'est pourquoi ce livre, qui est plus qu'un livre historique, démontre que les quatre mots les plus importants dans la science sont : « nous ne savons pas ».

PASSÉ

L'histoire des sciences diffère d'autres types d'histoires car la science est en général cumulative. Chaque étape se construit à partir des savoirs existants, les intégrant, les rejetant ou les transformant. Le résultat semble être une compréhension toujours plus fine du monde, même si la connaissance n'est jamais définitive et que de futures découvertes pourront venir invalider ce que l'on tenait pour vrai. Cet aspect cumulatif de l'histoire des sciences conduit de nombreux chercheurs à présenter l'histoire de leur discipline comme une galerie de grands hommes (le fait est qu'il n'y eut que peu de femmes) encensés si l'on pense qu'ils ont eu raison et critiqués, voire ignorés, s'ils sont réputés avoir eu tort. Mais l'histoire des sciences n'est pas une suite ininterrompue de brillantes théories et découvertes : elle est pleine d'aléas, d'erreurs et de confusion.

Bien comprendre le passé permet de comprendre la genèse des théories et des cadres de pensée actuels et même d'imaginer ce que demain pourrait être. Souvenons-nous que les idées d'autrefois n'étaient pas perçues comme des étapes qui mènent aux idées d'aujourd'hui. C'étaient des idées à part entière, dans toute leur complexité et leur obscurité. Toute idée, même celle qui semble aujourd'hui la plus dépassée, a un jour été nouvelle, excitante, moderne. Nous pouvons sourire des idées étranges du passé, mais la condescendance n'est pas de mise. Si des

choses nous semblent aujourd'hui évidentes, c'est parce que les erreurs du passé, qui ont souvent été difficiles à identifier, ont été corrigées au prix de lourds efforts de travail et de réflexion.

Il s'agit donc de comprendre pourquoi nos ancêtres ont pu accepter des idées que nous savons aujourd'hui fausses, voire aberrantes. Ce que nous prenons aujourd'hui pour l'ambiguïté ou le manque de clarté d'une approche ou d'une idée est bien souvent ce qui a permis son acceptation. De telles théories imprécises permettent la création d'un cadre de pensée commun à des scientifiques qui ne sont pas d'accord sur tout, en attendant qu'une expérience décisive vienne trancher leurs désaccords.

Nous ne devons jamais juger stupides les idées du passé, ou ceux qui y adhéraient. Un jour, nous appartiendrons au passé, et nos idées apparaîtront certainement bizarres ou ridicules à nos descendants. Nous faisons de notre mieux, comme le faisaient nos ancêtres. Tout comme celles des générations précédentes, nos idées scientifiques sont influencées par le monde interne des preuves scientifiques, mais aussi par le contexte social et technologique dans lequel elles se développent. Certaines de nos théories se révéleront fausses ou impropres, et ce sont de futures expériences qui le démontreront. C'est ainsi que la science progresse, et c'est bien là sa puissance.

Chapitre 1

Le cœur

De la Préhistoire au xvii^e siècle

Tous les scientifiques s'accordent sur le fait que la pensée est produite par l'activité, selon des modalités que nous ne comprenons pas, de milliards de cellules dans la structure la plus complexe de l'univers qu'est le cerveau. Aussi surprenant que cela paraisse aujourd'hui, ce n'est que depuis peu que le cerveau est ainsi placé au cœur de notre compréhension. Quasiment tout ce que nous savons de la Préhistoire et de l'histoire ancienne montre que nous avons d'abord et pendant très longtemps considéré que le cœur, et non le cerveau, était l'organe essentiel de la pensée et des émotions. Ces conceptions anciennes, pré-scientifiques, ont laissé des traces dans notre langue de tous les jours, avec des expressions comme « apprendre par cœur », « en avoir le cœur brisé » ou « prendre à cœur » (et des exemples comparables se retrouvent dans beaucoup de langues). Ces expressions portent en elles une charge émotionnelle issue de cette vision du monde dont nous sommes supposés être sortis. Il suffit de remplacer « cœur » par « cerveau » pour s'en convaincre.

Les plus anciennes œuvres écrites montrent l'importance de cette idée dans les cultures antiques. Dans *L'épopée de Gilgamesh*, écrite il y a 4 000 ans dans ce qui est aujourd'hui l'Irak, les émotions et les sentiments proviennent du cœur. Dans le *Rig-Veda*, un ensemble d'hymnes

rédigés en sanskrit védique il y a environ 3 200 ans, le cœur est considéré comme le siège de la pensée¹. La pierre de Chabaka, une stèle de basalte de l'Égypte ancienne conservée au British Museum, est recouverte de hiéroglyphes racontant un mythe qui montre combien le cœur est indispensable à la pensée². L'Ancien Testament relate de son côté que, à l'époque même où la pierre de Chabaka était gravée, les Juifs croyaient que le cœur était à l'origine de la pensée tant chez les humains que chez Dieu³.

De telles idées existaient également dans les Amériques. Les grands empires Maya (250-900) et Aztèque (1400-1500) voyaient dans le cœur le siège des émotions et des pensées. Nous avons également des aperçus des croyances des peuples de l'Amérique du Nord et de l'Amérique centrale qui n'ont pas, contrairement aux Mayas et aux Aztèques, développé de vastes cultures urbaines. Au début du xx^e siècle, des ethnographes ont enregistré et documenté leurs traditions et croyances. On ne peut être certain que ces conceptions étaient les mêmes que celles qui existaient avant l'arrivée des Européens, mais toutes supposent une sorte d'« esprit de vie », de conscience émotionnelle, relié au cœur et à la respiration. Cette conception était largement répandue, du Groenland au Nicaragua, et chez des peuples vivant dans des environnements aussi variés que les Inuits, les Salishes de la côte du nord-ouest du Pacifique, ou les Hopis de l'Arizona⁴.

Le psychanalyste suisse Carl Jung, qui a voyagé au Nouveau-Mexique dans les premières décennies du xx^e siècle, ne disait pas autre chose. Ochwiay Biano, du peuple Taos, avec qui il discutait sur le toit d'une maison d'adobe blanc, lui expliqua qu'il ne comprenait pas les blancs, qu'il tenait pour cruels, nerveux et agités. Intrigué, Jung demanda à Biano pourquoi il pensait ainsi.

« Ils disent qu'ils pensent avec leur tête » me répondit-il. « Bien sûr, avec quoi d'autre crois-tu qu'ils le fassent ? » « C'est là que nous pensons », me dit-il en désignant son cœur⁵.

Toutes les cultures ne partagent pas cette focalisation sur le cœur. À l'autre bout du monde, les aborigènes d'Australie et des îles du détroit de Torres plaçaient (et placent toujours) au centre de leur vision du monde le lien à la terre, y compris en ce qui concerne l'esprit et l'âme.

Il ne leur viendrait pas à l'idée de placer le siège de la pensée dans le corps⁶. De même, la médecine et l'anatomie chinoises traditionnelles mettaient à l'origine l'accent sur l'interaction entre différentes forces, plutôt que sur la localisation de fonctions. Mais dès que les penseurs chinois ont cherché à comprendre le rôle des différents organes, ils ont donné au cœur une place centrale⁷. Le *Guanzi*, une encyclopédie écrite au VII^e siècle avant notre ère par le philosophe Guan Zhong, souligne que le cœur est essentiel à toutes les fonctions du corps, y compris la perception sensorielle.

Ces conceptions centrées sur le cœur correspondent à notre expérience commune. Le cœur change de rythme quand nos sentiments changent. Des émotions violentes, comme la colère, le désir sexuel ou la peur modifient même plusieurs organes, saisissant tout le corps jusqu'à modifier nos pensées comme si elles étaient véhiculées par le sang. C'est pourquoi des expressions anciennes comme « du fond du cœur » et d'autres du même genre sont si fréquentes. Elles correspondent à la manière dont nous percevons spontanément notre vie intérieure. De même que le Soleil semble tourner autour de la Terre, le cœur semble être le siège de la pensée et des émotions. Si l'on a longtemps cru à cette idée, c'est parce qu'elle paraissait évidente.

*

Certaines cultures ont cependant compris que le cerveau avait des fonctions particulières, même si on ne pouvait s'en rendre compte qu'à la suite de blessures. Rédigé dans l'Égypte ancienne, le papyrus Edwin Smith⁸ décrit les circonvolutions du cerveau et observe que les lésions d'un côté peuvent entraîner la paralysie de l'autre côté du corps. Mais pour les scribes qui en sont les auteurs, comme pour tous les anciens Égyptiens, le cœur n'en restait pas moins le siège de l'âme et de l'activité mentale.

La première remise en cause de cette vision centrée sur le cœur s'est produite dans la Grèce antique. En trois siècles et demi, entre 600 et 250 avant notre ère, les philosophes grecs ont jeté les bases de la vision moderne de très nombreuses choses, dont le cerveau. Comme les autres peuples, les Grecs pensaient d'abord que le cœur était à l'origine

des sentiments et des pensées. On peut s'en rendre compte dans les poèmes épiques attribués à Homère, rédigés quelque part entre le XII^e et le VIII^e siècle avant notre ère ou chez les tout premiers philosophes grecs⁹. Au V^e siècle avant notre ère, Alcmeon de Crotona, du nom de la petite cité grecque du sud de l'Italie où il vivait, fut le premier à remettre en cause cette conception, ce qui fait qu'il passe parfois pour le père des neurosciences. On connaît cependant très mal sa vie et son œuvre. Aucun de ses écrits ne nous est parvenu, et tout ce que nous en connaissons provient de citations ultérieures par d'autres auteurs.

Alcmeon s'intéressait aux sens, ce qui le conduisit naturellement à s'intéresser à la tête, qui regroupe les principaux organes sensoriels. Si l'on en croit les auteurs qui l'ont cité, Alcmeon aurait découvert que les yeux, et plus généralement les organes des sens, sont reliés au cerveau par ce qu'il appelait des tubes étroits. Aétios, qui vécut 300 ans après, est réputé avoir dit qu'Alcmeon pensait que « le cerveau est le centre de l'intelligence ». On ne sait pas bien comment Alcmeon était arrivé à cette conclusion. Les auteurs qui ont parlé de lui ont souligné que son travail impliquait la réflexion spéculative, mais aussi l'étude directe, même si nous n'en avons aucune preuve. Il est possible qu'il ait disséqué un globe oculaire (pas nécessairement humain), qu'il ait observé des cuisiniers préparer des têtes d'animaux ou plus simplement qu'il ait manipulé des crânes d'animaux pour comprendre comment les yeux, la langue et le nez sont reliés au cerveau¹⁰.

Les premières affirmations bien documentées de la centralité du cerveau sont le fait, quelques décennies après la mort d'Alcmeon, de l'école de médecine de l'île de Kos. Son représentant le plus célèbre est Hippocrate, et beaucoup des écrits de cette école lui ont été attribués, peut-être à tort. Un des textes les plus intéressants est *De la maladie sacrée*, écrit autour de 400 avant notre ère pour présenter à un public de non-spécialistes l'épilepsie (on ne sait pas bien pourquoi la maladie était considérée comme sacrée ou divine¹¹). Pour ses auteurs :

« Tous devraient savoir que la source du plaisir, de la gaieté, du rire, de l'amusement, mais aussi du chagrin, de la douleur, de l'angoisse, des larmes, n'est autre que le cerveau. C'est l'organe qui nous permet