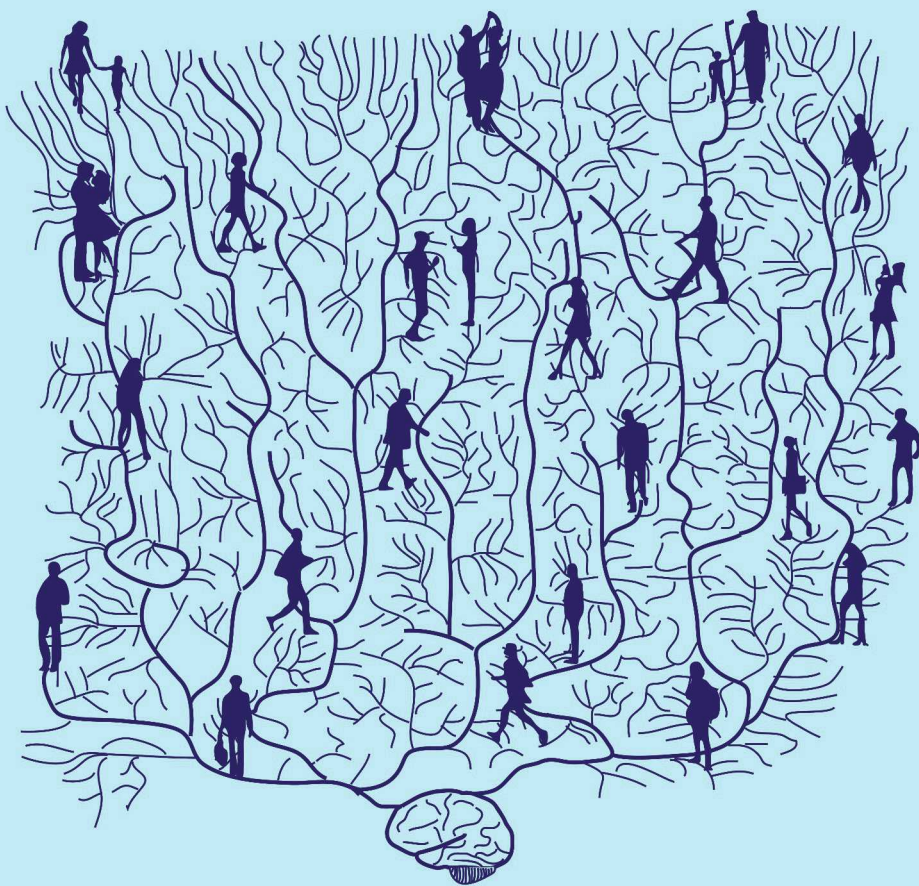


# La cognition

**Du neurone à la société**

**Sous la direction de Thérèse Collins,  
Daniel Andler et Catherine Tallon-Baudry**

INÉDIT  
essais  
**folio**





COLLECTION  
FOLIO ESSAIS



Sous la direction de  
Thérèse Collins  
Daniel Andler  
Catherine Tallon-Baudry

# La cognition

Du neurone à la société

Gallimard

Ouvrage publié avec le concours de la chaire de Thérèse Collins  
à l'Institut universitaire de France

*Coordinatrice*  
Alexia Chatirichvili

Il convient de distinguer les schémas et dessins dans le texte appelés « figures » et ceux qui sont hors texte, dans le cahier central, appelés « illustrations ».

© Éditions Gallimard, 2018.

*Couverture : Illustration Thérèse Collins,  
d'après une illustration de Santiago Ramon y Cajal.*

Thérèse Collins est professeur de sciences cognitives à l'UFR Sciences fondamentales et biomédicales de l'université Paris Descartes, et co-dirige le master de Sciences cognitives (ENS-EHESS-Paris Descartes) depuis 2014. Elle a étudié la psychologie cognitive et la neurobiologie. Son équipe de recherche travaille sur la perception visuelle et ses interactions avec le mouvement, l'attention et la conscience, en utilisant les outils de la psychophysique et de l'imagerie cérébrale.

Daniel Andler, professeur émérite de philosophie de l'université Paris-Sorbonne, travaille sur les sciences cognitives, leurs fondements, leurs rapports avec les sciences de l'homme et de la société, et leurs applications en particulier dans le domaine de l'éducation, de la décision et de l'intelligence artificielle. Il a fondé en 2001 et dirigé le Département d'études cognitives de l'École normale supérieure. Il a publié en 2016 *La Silhouette de l'humain. Quelle place pour le naturalisme dans le monde d'aujourd'hui ?* (Gallimard, coll. NRF Essais). Il est membre de l'Académie des sciences morales et politiques.

Catherine Tallon-Baudry est directrice de recherche au CNRS. Biologiste de formation, elle s'intéresse maintenant à une question qui se situe à la croisée des neurosciences et de la philosophie : quels sont les mécanismes biologiques à l'origine de la subjectivité de la conscience ? Son équipe, à l'École normale supérieure, s'attache à explorer les liens entre l'expérience consciente et une forme biologique du soi très simple, basée sur la surveillance des signaux viscéraux par le cerveau.





## *Avant-propos*

Le livre que vous avez entre les mains est une introduction approfondie aux sciences cognitives. Sans présupposer des connaissances spécialisées, il guide le lecteur jusqu'à certains des principaux enjeux de la recherche actuelle. Il se conçoit comme le compagnon de route de tous ceux qui veulent s'aventurer dans ce domaine. Il sera celui d'étudiants et de chercheurs de différentes disciplines directement concernées, telles la biologie, la psychologie, les sciences du langage, la philosophie, les sciences sociales, ainsi que certaines branches des mathématiques, de l'informatique et de la physique. Mais il accompagnera tous ceux que l'étude scientifique de l'esprit humain intéresse.

### L'OBJET : LA COGNITION

La cognition regroupe un ensemble de phénomènes qui se rapportent à l'esprit humain et à son fonctionnement. La cognition est souvent déclinée en un ensemble de facultés : l'attention, la mémoire, le raisonnement, la prise de décision, la compréhension – bref, tout ce qui pourrait constituer la *pensée*. L'étymologie du terme *cognition* est identique à celle du terme *connaissance* : c'est l'association de deux mots latins, *con*, « avec », et *gnosco*, « connaître », et le latin médiéval définissait la cognition comme l'activité de connaître. Toutefois, on inclut également dans le spectre de la cognition des facultés mentales qui peuvent sembler,

de premier abord, plus automatiques, moins réfléchies, telles la perception ou l'émotion. La cognition aujourd'hui est comprise par les chercheurs comme regroupant toutes les facultés mentales, qui reposent sur le cerveau<sup>1</sup> (la virgule est essentielle : les chercheurs excluent par hypothèse l'existence de facultés mentales qui ne seraient pas produites par le cerveau).

Il est évidemment impossible d'observer directement la cognition, aussi les chercheurs ont-ils inventé des méthodes indirectes pour y accéder. On peut mesurer le comportement pour tenter d'en inférer les processus mentaux qui pourraient le sous-tendre ; on peut y ajouter la mesure de l'activité cérébrale pour tenter de comprendre le lien entre ces processus mentaux et la matière biologique du cerveau ; ou encore, on peut proposer une modélisation mathématique ou robotique de différents processus pour analyser les opérations nécessaires à leur réalisation. Il est également possible d'étudier les productions collectives de l'esprit humain comme les langues, les prises de décision collectives, ou encore l'organisation des sociétés, pour tenter d'en tirer des informations sur le système cognitif propre à l'espèce qui a pu les produire.

## LA DISCIPLINE : LES SCIENCES COGNITIVES

Les sciences cognitives regroupent les disciplines qui placent l'esprit humain au cœur de leurs interrogations. Chaque discipline d'origine est facilement reconnaissable au sein de ce grand ensemble, et correspond souvent non seulement à une discipline scientifique, mais à une division académique classique : la biologie, la psychologie, la philosophie, la linguistique, l'anthropologie et l'intelligence artificielle. Mais à quel moment un chercheur en psychologie bascule-t-il dans les sciences cognitives ? À quel moment une chercheuse en biologie arrête-t-elle de faire de la biologie pour faire des sciences cognitives ? Les sciences cognitives ne sont-elles qu'un regroupement de disciplines qui gardent

1. On verra plus loin (voir notamment la note 3 de l'Introduction) que le cerveau n'est pas nécessairement le seul organe concerné. Mais il est le principal.

chacune sa propre culture, ses propres pratiques épistémologiques ? Si c'est le cas, alors aucun chercheur ne *fait* de sciences cognitives à proprement parler.

Selon nous, ce n'est pas le cas. Nous pensons que les sciences cognitives sont davantage que le regroupement de disciplines qui posent des questions similaires, ou liées, sur l'esprit humain. Dans la perspective qui est la nôtre, les sciences cognitives sont une rencontre, une confrontation entre disciplines, et de nouvelles questions, qui ne pourraient se poser dans aucune discipline prise isolément, naissent du rapprochement de spécialités et de cultures différentes. Cette rencontre produit également des réponses qui ne pourraient pas émerger à l'intérieur de chaque discipline, même lorsque cette discipline est en mesure de poser la question.

Les sciences cognitives sont donc pratiquées par des chercheurs qui, issus d'une mono-discipline classique, s'imposent de se confronter aux autres disciplines, acceptant de se trouver, sous leur regard, en situation de perpétuel apprentissage. Ainsi, il est possible de faire de la psychologie – même cognitive – sans pour autant faire des sciences cognitives, au sens fort où nous l'entendons, lorsque par exemple on s'intéresse à la compréhension du langage écrit sans prendre en compte les substrats neuraux sous-jacents ou, sans se soucier de la plausibilité biologique des processus mentaux proposés, sans prendre en considération les apports de la psychophysique qui mettent au jour des contraintes visuelles pouvant affecter la lecture, ou sans écouter l'apport des philosophes qui s'interrogent sur les concepts utilisés et mettent parfois le doigt sur une confusion ou une incohérence dans les bases du programme de recherche.

La division du travail classique entre disciplines tend à masquer les nombreuses connexions qui traversent les domaines de recherche. Ainsi, si les sciences cognitives s'intéressent avant tout à l'esprit humain, l'étude comparative avec d'autres espèces et les modèles animaux du comportement humain sont des apports importants : il s'agit du continuum homme-animal. De même, si l'étude de la cognition est intimement liée à l'étude de l'humain, l'apport d'études en intelligence artificielle et en robotique est crucial : il s'agit du continuum *in vivo-in silico*. Enfin, si les sciences cognitives ont pour objectif de décrire l'esprit humain

et son fonctionnement dans ses caractéristiques générales, une place significative est occupée par l'étude d'individus qui ne semblent pas avoir le même fonctionnement : il s'agit du continuum normal-pathologique.

## STRUCTURE DE L'OUVRAGE

Après un chapitre introductif qui situe les sciences cognitives dans leur contexte historique et actuel, l'ouvrage se divise en deux parties. La première est constituée d'une présentation des différentes échelles spatiales et temporelles auxquelles la cognition peut être appréhendée : de la molécule au neurone, du neurone au cerveau, de l'individu à la société, et enfin, pour la dimension temporelle, le développement et l'évolution. La seconde partie consiste en une présentation de grandes fonctions cognitives : l'action, la conscience, la coopération, la décision, les émotions, le langage, la perception et le raisonnement. Chacun de ces chapitres suit une structure générale commune : une présentation des idées qui ont forgé le domaine, des exemples de recherches actuelles particulièrement actives, avec les points de rencontre entre disciplines des sciences cognitives. Des encadrés servent à mettre en relief une notion ou concept, ou à aller plus loin. Cette présentation des fonctions mentales n'est pas exhaustive et le lecteur notera par exemple l'absence de chapitres à part entière sur la mémoire ou l'attention. Enfin, un dernier chapitre ouvre vers les pratiques de recherche et les applications des sciences cognitives. Si chaque chapitre peut être lu indépendamment, les cinq chapitres présentant les différentes échelles donnent un socle commun de connaissances transversales qui sont applicables à chaque chapitre « fonction » de la deuxième partie.

Toute la difficulté des recherches multi-, trans-, pluri- ou interdisciplinaires est d'être très souvent à la « frange » d'une discipline. Ce livre présente essentiellement les interactions entre disciplines, il n'est donc pas complet du point de vue strictement disciplinaire. Or l'interdisciplinarité ne dispense pas de posséder une expertise disciplinaire ; pour cela nous renvoyons les lecteurs

vers d'autres ouvrages (notamment par le biais des références bibliographiques à la fin de chaque chapitre).

Il existe, dans l'état présent du domaine, une grande variabilité de positions sur le continuum allant de la recherche monodisciplinaire aux interactions pleinement interdisciplinaires. La multiplicité des points de vue et leur interaction est parfois facile à exposer, parfois moins facile. Si notre objectif est que chaque chapitre dans ce livre réponde à ce qui est, selon nous, le cahier des charges des sciences cognitives, le lecteur avisé se rendra rapidement compte que certains domaines s'en rapprochent plus que d'autres, selon l'état d'avancement du domaine traité et selon l'inclination des différents auteurs. Il serait donc peut-être plus judicieux de dire que les sciences cognitives sont une *promesse* de rencontres entre disciplines. Si ce livre tente de dresser l'état actuel de cette rencontre, nous espérons que la prochaine génération de chercheurs réussira une synthèse encore meilleure. C'est à elle qu'il s'adresse.

#### REMERCIEMENTS

L'ouvrage s'appuie en grande partie sur les enseignants du Master de sciences cognitives habilité conjointement par l'École des hautes études en sciences sociales, l'École normale supérieure et l'université Paris Descartes. Ce master est issu d'un DEA de sciences cognitives fondé par Michel Imbert en 1990 et qui, au fil des années, a été chapeauté par différents établissements (outre l'EHESS, présente depuis le début de l'aventure, l'université Pierre-et-Marie-Curie, l'École polytechnique). Il représente un lieu unique en France, et peut-être au monde, rassemblant des chercheurs de différentes disciplines des sciences cognitives qui partagent le même désir d'aller au-delà du simple regroupement pour créer un véritable espace de rencontre. Nous sommes particulièrement redevables à ces chercheurs, dont les interactions ont fait émerger graduellement la perspective qui est celle du master et du présent ouvrage.

Nous remercions également Emmanuel Dupoux pour son implication dans la phase initiale de l'élaboration de ce manuel.

Alexia Chatirichvili a joué un rôle décisif en tant que secrétaire de rédaction, après avoir été longtemps la cheville ouvrière du master lui-même.

Paris, avril 2017

THÉRÈSE COLLINS, DANIEL ANDLER,  
CATHERINE TALLON-BAUDRY

## *Introduction*

### LES SCIENCES COGNITIVES : UN TOUR D'HORIZON

Daniel Andler

Ce chapitre a pour objectif de fournir au nouveau-venu quelques repères dans le paysage complexe des sciences cognitives : repères dans le temps, repères dans l'espace des disciplines et programmes de recherche actifs aujourd'hui.

Remarquons qu'il n'est pas strictement nécessaire de pouvoir se repérer dans ce paysage, lorsqu'on débute, ni même du reste lorsqu'on est plus avancé : la spécialisation est le lot de tout chercheur. Pensons aux mathématiques, ou bien aux sciences sociales, ou encore aux sciences de la vie : la grande majorité des étudiants, et bien des chercheurs, sont largement ignorants de l'ensemble du champ dont relèvent leurs études ou leurs recherches. Mais d'abord cette réalité n'est pas nécessairement une bonne chose : avoir une petite idée de ce qui s'étend au-delà de son village peut se révéler précieux le jour où l'on veut ou l'on doit s'en éloigner, ou même si l'on envisage seulement de se promener ou encore de commercer avec les peuplades voisines. Ensuite, et surtout, les sciences cognitives ont deux caractéristiques qui rendent un repérage plus important que dans les autres domaines mentionnés : elles sont intrinsèquement interdisciplinaires, et elles sont jeunes.

L'*interdisciplinarité* fait que beaucoup de notions et de résultats ne prennent tout leur sens que dans le cadre de rapports étroits avec des notions et des résultats relevant d'autres secteurs. Pour prendre un exemple, quand on parle des calculs (ou computations) qu'effectue le cerveau, de modèle computationnel de telle ou telle capacité, ou encore de codage neural, il est utile

et peut-être même indispensable, à un moment ou un autre, de savoir ce que calcul (ou computation) et codage veulent dire, dans le contexte où ces notions ont été développées, à savoir la logique et la théorie de l'information. De même, lorsqu'on parle, en psychologie du développement, du caractère inné d'une capacité, ou de la fonction d'un mécanisme, ou d'un dysfonctionnement, il peut être bon de savoir comment les notions de fonction, d'innéité ou d'adaptation sont comprises par la biologie et en particulier par la biologie évolutive. Le lecteur trouvera beaucoup d'autres exemples au fil des chapitres, expliqués de manière moins allusive, et qui montreront en outre que les théories et les modèles proposés dans un secteur de la recherche sont soumis à des contraintes issues d'autres secteurs, un peu comme une théorie mécanique du moteur à explosion doit être compatible avec le second théorème de la thermodynamique, ou comme un théorème d'optique géométrique doit s'inscrire dans le cadre de l'optique physique (mais c'est généralement plus compliqué que ne le suggèrent ces exemples !).

La *jeunesse* des sciences cognitives, seconde particularité, fait qu'elles sont plus instables que les autres champs scientifiques, en tout cas ceux qui relèvent des sciences de la nature, alors même qu'elles aspirent au statut, et à la stabilité, de ces sciences. Aucune science vivante n'est parfaitement stable, ni parfaitement consensuelle : les révisions, mineures le plus souvent, exceptionnellement plus radicales, et les controverses sont le sort de toute discipline. Mais les branches mûres possèdent un noyau pratiquement invariant, et les controverses se limitent sauf exception à certaines questions relativement circonscrites. L'instabilité et la controverse sont en proportion sensiblement plus importantes dans les sciences cognitives. Ce qui ne s'explique pas seulement par leur jeunesse (comme on le comprend sans peine) mais sans doute aussi par l'extraordinaire difficulté de leur entreprise. Ce n'est pas un hasard si l'objet composite esprit/cerveau est le dernier à être abordé de front par la science. On peut penser qu'il constitue le défi le plus difficile qu'elle ait jamais relevé. Toujours est-il que les turbulences du passé laissent des traces plus visibles dans les sciences cognitives actuelles que, mettons, dans la physique, la chimie ou la géologie, et que les controverses y sont plus vives. Il y a pourtant de l'ordre dans ce désordre apparent,



et il importe de faire voir concrètement à qui aborde le domaine qu'il n'est pas un simple forum livré aux querelles d'opinion : il est pour l'essentiel, par-delà les incertitudes, une entreprise progressiste et cumulative ; l'hésitation porte surtout sur la meilleure manière d'organiser une énorme moisson de résultats solides, provenant de cadres théoriques nécessairement différents car relatifs à des niveaux de description et des ordres de phénomènes distincts et qui sont néanmoins en attente d'intégration.

Enfin, l'émergence et le déploiement des sciences cognitives sont une belle aventure, pleine d'enseignements, qu'on peut vouloir explorer pour le simple plaisir intellectuel... Notre objet n'est cependant pas celui de l'historien des sciences, qui se place, en bonne méthodologie, *en amont* et cherche à comprendre comment on est passé d'un état de la science à l'état suivant, et ainsi de suite jusqu'à l'état présent, sans supposer que toute la trajectoire soit guidée par son point terminal : l'historien se garde de ce que Raymond Aron appelait l'illusion rétrospective de fatalité. Nous partirons au contraire de l'état présent, notre objectif étant de répondre à la question que se posent naturellement les étudiants d'aujourd'hui : pourquoi voit-on aujourd'hui les choses comme nous les voyons, et comme ne pouvaient les voir nos prédécesseurs ? Parler du projet des sciences cognitives dans les termes actuels est une chose, parler des obstacles et des manques qui ont gêné sa réalisation par le passé en est une autre, qu'il faut comprendre comme un artifice d'exposition : nos prédécesseurs n'avaient pas ce projet en tête, ils étaient occupés, comme nous le sommes aujourd'hui, par leur programme de recherche, formulé dans les termes qui faisaient sens à leur époque<sup>1</sup>.

1. On touche là à un problème central de la méthodologie historique : comprendre le passé à la lumière du présent, c'est pratiquer une conception dite « whiggish » ou rétrospective de l'histoire, conception abondamment critiquée par les historiens eux-mêmes, mais qui, chassée par la porte, rentre régulièrement par la fenêtre. Nous ne pouvons entrer ici dans le débat, que je voulais signaler aussi pour indiquer que les sciences de la nature ne sont pas les seules à avoir des exigences de rigueur. Un point important est que l'histoire whiggish ne consiste pas nécessairement à assigner au passé le « but » de conduire au présent : son biais principal (peut-être inévitable) est d'interpréter l'état passé des connaissances dans les termes d'aujourd'hui.

I. UN PROJET ANCIEN QUI S'EST  
LONGTEMPS HEURTÉ  
À DES OBSTACLES CONCEPTUELS

1. *Le projet*

L'esprit humain est l'objet d'une fascination très ancienne. En témoignent toute l'histoire de la psychologie, et toute celle de la philosophie, histoires qui sont du reste longtemps restées inextricablement liées<sup>1</sup> – et même tout bonnement confondues, si l'on adopte une perspective qu'on peut appeler *psychologisme*, selon laquelle l'esprit, comme produit de processus mentaux, n'a pas d'autre réalité que ces processus eux-mêmes. Point de vue que ne partagent pas ceux (nombre de philosophes notamment) qui estiment qu'on peut et qu'on doit s'intéresser aux produits (pensées, concepts, langage, images, décisions, etc.) sans nécessairement savoir quels mécanismes les produisent chez les êtres humains. On peut en tout cas reconnaître que, d'une part, nous avons appris beaucoup de choses sur les pensées, les concepts, etc., avant d'avoir la moindre idée solide sur les mécanismes qui nous permettent d'entretenir des pensées, d'appliquer des concepts, etc. ; et que, d'autre part, cette connaissance a de bonnes chances de nous servir dans notre quête des mécanismes en question. À quoi il faut ajouter qu'inversement, toute information sur les mécanismes doit être prise en compte dans nos conceptions des produits : pensées, concepts, etc. La manière la plus concise et la moins partisane de caractériser le projet des sciences cognitives est précisément celui-là : rendre compte à la fois des capacités mentales et des mécanismes de l'organisme humain (voire d'autres organismes) en vertu desquels les humains (et parfois d'autres organismes) sont dotés de ces capacités et mécanismes.

Ce projet est celui d'une science coordonnée de l'esprit et du cerveau, puisque les mécanismes recherchés sont localisés dans

1. La psychologie comme discipline académique ne s'est séparée institutionnellement de la philosophie qu'à la charnière des XIX<sup>e</sup> et XX<sup>e</sup> siècles.

le cerveau, du moins dans une très large mesure<sup>1</sup> – le sens précis de cette « coordination », et, partant, la place respective de l'esprit et du cerveau, restant largement ouverts au débat. On peut aussi parler d'une science *naturelle* de l'esprit, par opposition à une science abstraite de ses produits. Or, si l'ambition de développer une telle science était présente depuis des siècles, au moins à partir de la philosophie mécaniste cartésienne (XVII<sup>e</sup> siècle), au XVIII<sup>e</sup> chez les philosophes empiristes, au XIX<sup>e</sup> chez les premiers neurologues, les moyens de le faire ne sont apparus qu'au premier tiers du XX<sup>e</sup> siècle. Nous verrons dans un instant ce que sont ces moyens, mais il faut dire quelques mots de ce qui existait avant qu'ils ne soient découverts.

## 2. *L'état des lieux avant l'émergence des sciences cognitives*

Puisque l'histoire de la psychologie est liée à celle de la philosophie, et que cette dernière remonte, dans la tradition occidentale, à plus de deux millénaires ; puisque la psychologie possède son Olympe – d'Aristote (384-322 av. J.-C.), Wolff (1679-1754), Bonnet (1720-1793) ou Kant<sup>2</sup> (1724-1804) à Asch (1907-1996) en passant, chronologiquement, par Fechner (1801-1887), Bain (1818-1903), Helmholtz (1821-1894), Wundt (1832-1920), James (1842-1910), Pavlov (1849-1936), Freud (1856-1939), Binet (1857-1911), Titchener (1867-1927), Claparède (1873-1940), Jung (1875-1961), Watson (1878-1958), Wallon (1879-1962), Köhler (1887-1967), Lewin (1890-1947), Vygotski (1896-1934), Piaget (1896-1980) et Skinner<sup>3</sup> (1904-1990) –, et que la philosophie n'est

1. Je dirai « cerveau » pour simplifier, étant entendu que c'est tout le système nerveux central qui est impliqué dans la « production » des phénomènes mentaux, sans oublier le système nerveux entérique, dont le rôle est si important qu'on l'appelle parfois le second cerveau.

2. Kant est certes l'un des grands philosophes, mais il est aussi l'auteur de ce qu'on peut considérer comme le premier manuel de psychologie au sens moderne du terme.

3. Chaque historien de la psychologie a sa propre liste de grands, « pères » de ceci ou de cela – celle-ci ne prétend pas constituer mon panthéon personnel, il ne s'agit que de fournir quelques repères. Remarquons au passage l'absence de femmes, qui serait totale même au second rang si l'on excluait la psychanalyse ; la situation a évidemment changé à partir de la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle. Ma liste

pas en reste ; pour toutes ces raisons il semble peu vraisemblable que ces brillants esprits, animés généralement par l'esprit scientifique, n'aient pas anticipé les découvertes qui vont suivre ; et plus généralement, qu'il n'y ait aucune continuité importante entre la préhistoire et l'histoire des sciences cognitives. De fait, comme toute révolution, la révolution cognitive doit beaucoup à ce qui l'a précédée, et innove moins que ses hérauts ont parfois voulu le faire croire. Pour nous, néanmoins, qui ne sommes pas chargés de distribuer les bons points ni de retracer avec scrupule la voie des idées, l'important est bien de prendre la mesure du saut accompli. Une chose semble assez claire : avec le temps, on accède à des données empiriques nouvelles, qui excluent certaines spéculations et mettent sur la voie de nouvelles théories plausibles. En ce sens, si ingénieux qu'aient été nos prédécesseurs, ils souffraient de ce qui apparaît aujourd'hui comme un déficit empirique.

Qu'avaient donc construit, au fil des siècles, ces grands esprits, et qu'on peut considérer rétrospectivement comme le point de départ des sciences cognitives ? En schématisant beaucoup, on peut distinguer quatre grands corpus, d'ampleur inégale.

#### a. Psychologie non empirique

C'est le plus important de ces corpus, en volume, et le plus hétérogène sur le plan des résultats et des méthodes. Il comprend deux volets. Le premier consiste en une psychologie philosophique, anecdotique, historique, littéraire, appuyée sur l'observation quotidienne, l'introspection, la littérature, les témoignages

---

est donc en partie arbitraire, mais pas complètement. En particulier, elle fournit implicitement une périodisation : tous les auteurs énumérés après Asch sont nés au XIX<sup>e</sup> siècle, à quelques années près dans le cas de Skinner et d'Asch lui-même ; la psychologie scientifique, au sens où nous l'entendons aujourd'hui, est née au XVIII<sup>e</sup> siècle (que représentent les trois auteurs suivant le nom d'Aristote), mais a pris véritablement son essor au XIX<sup>e</sup>. Le XX<sup>e</sup> se divise, grossièrement, en deux moitiés : la première est dominée (sans s'y ramener entièrement) par le béhaviorisme (Watson, Skinner...) aux États-Unis, seul pays où il joue un rôle essentiel, la psychologie de la Gestalt (Köhler, Lewin...) en Allemagne et la psychanalyse (Freud, Jung...) un peu partout ; la seconde, selon une lecture qui ne fait d'ailleurs pas l'unanimité, par les sciences cognitives, dont les fondateurs, sans exception, sont nés au cours de ce siècle ; l'un des plus importants, le Canadien Donald Hebb (1904-1985) a joué un rôle fondamental dans la transition du béhaviorisme aux sciences cognitives.

### Illustration 3. Codage de l'espace.

- a. Cellule de lieu de l'hippocampe. Dans le panneau gauche, les traces noires représentent la trajectoire d'un rat dans un enclos. Les points rouges représentent les potentiels d'action émis au cours de la trajectoire. Le panneau droit représente le taux de décharge moyen de ce neurone à divers points de l'enclos, démontrant qu'il décharge seulement autour d'un endroit précis.
- b. Cellule de grille dans le cortex entorhinal. Même représentation qu'en (a). Cette fois, le neurone décharge à plusieurs endroits dans l'enclos, l'ensemble de ces lieux formant une grille hexagonale.
- c. Décharge de trois cellules de lieu dans deux enclos différents (A et B).
- d. Décharge de trois cellules de grille dans deux enclos différents. Gauche: activité moyenne des cellules; droite: corrélation entre l'activité dans les deux enclos, démontrant que l'activité des trois cellules est transformée de façon cohérente entre les enclos. Figures (a) à (d) tirées de Marianne Fyhn, Torkel Hafting, Alessandro Treves, May-Britt Moser et Edvard I. Moser, « Hippocampal remapping and grid realignment in entorhinal cortex », *Nature*, vol. 446, n°7132, 2007, p. 190-194, en ligne: [doi.org/10.1038/nature05601](https://doi.org/10.1038/nature05601).
- e. Illustration du codage de séquences par précession de phase. Les traces en couleur représentent l'activité de huit cellules codant pour des lieux consécutifs sur un parcours. L'activation séquentielle de ces cellules est comprimée dans chaque cycle du rythme thêta. Figure tirée de György Buzsáki, « Neural syntax: cell assemblies, synapsembles, and readers », *Neuron*, vol. 68, n°3, 2010, p. 362-385; en ligne: [doi.org/10.1016/j.neuron.2010.09.023](https://doi.org/10.1016/j.neuron.2010.09.023).



a