



**POINTS DE VUE  
DÉBATS SCIENTIFIQUES**

F. Guillaume  
G. Tiberghien  
J.-Y. Baudouin

# **LE CERVEAU N'EST PAS CE QUE VOUS PENSEZ**

Images et mirages du cerveau



**P**eut-on vraiment observer la pensée dans le cerveau à l'aide des nouvelles techniques d'imagerie cérébrale ?

Chaque jour, cinq articles utilisant l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) sont publiés dans les revues scientifiques internationales. De la justice à l'économie, la neuro-imagerie investit de nouveaux territoires et l'impact médiatique de ces recherches est considérable.

À l'heure où certains proposent d'entraîner une région spécifique du cerveau ou développent des techniques marketing qui ciblent une région cérébrale, ce livre revient sur les problèmes fondamentaux qui se posent lorsqu'on aborde l'esprit-cerveau à travers le prisme de l'imagerie cérébrale.

Premier ouvrage traitant de la neuro-imagerie et de ses relations avec la psychologie à travers une approche critique, ce livre a pour objectif de montrer les limites et les potentialités de ces nouveaux outils d'exploration. En s'appuyant à la fois sur les connaissances psychologiques et neuroscientifiques, il revient sur les méthodes, les interprétations et les interrogations posées par les progrès récents de l'imagerie cérébrale. Révolution dans notre connaissance de la cognition ou effet de mode technologique ? Voilà en tout cas de quoi ouvrir le débat.

**Fabrice Guillaume** est maître de conférences en psychologie et en neuropsychologie à l'université d'Aix-Marseille.

**Guy Tiberghien** est professeur honoraire à l'Institut universitaire de France.

**Jean-Yves Baudouin** est maître de conférences en psychologie cognitive à l'université de Bourgogne et membre junior de l'Institut universitaire de France.

La collection *Points de vue et débats scientifiques*, créée et dirigée par Pascal Pansu et Alain Somat, traite de thèmes qui, au sein de la communauté scientifique, font débat et sont sources de polémique. Sans recourir à des jugements de valeur, les ouvrages de la collection s'ancrent dans une position critique et alimentent la controverse.



Presses universitaires  
de Grenoble - BP 1549  
38025 Grenoble cedex 1  
ISBN 978-2-7061-2119-7  
(e-book PDF)

Le cerveau n'est pas ce que vous pensez



Le code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2° et 3° 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.

© Presses universitaires de Grenoble, mars 2013

5, place Robert-Schuman  
BP 1549 – 38025 Grenoble cedex 1  
pug@pug.fr / www.pug.fr

ISBN 978-2-7061-2119-7 (*e-book PDF*)

L'ouvrage papier a paru sous la référence ISBN 978-2-7061-1779-4

Fabrice Guillaume, Guy Tiberghien, Jean-Yves Baudouin

# **Le cerveau n'est pas ce que vous pensez**

Images et mirages du cerveau

Presses universitaires de Grenoble

La collection *Points de vue et débats scientifiques*, créée et dirigée par Pascal Pansu et Alain Somat, traite de thèmes qui, au sein de la communauté scientifique, font débat et sont sources de polémique. Sans recourir à des jugements de valeur, les ouvrages de la collection s'ancrent dans une position critique et alimentent la controverse.

—

DÉJÀ PARUS DANS LA COLLECTION

Guillaume F., Tiberghien G., Baudouin J.-Y., *Le cerveau n'est pas ce que vous pensez. Images et mirages du cerveau*, 2013

Pansu P., Dubois N., Beauvois J.-L., *Dis-moi qui te cite et je saurai ce que tu vauX. Que mesure vraiment la bibliométrie ?*, 2013

# Introduction



**D**epuis bien longtemps l'humanité s'interroge sur ce qui se trouve à l'intérieur de la boîte crânienne. On trouve des traces de trépanations thérapeutiques chez l'homme de Cro-Magnon, il y a environ 40 000 ans, ou chez les Incas à l'époque précolombienne. Mais il y a relativement peu de temps que les relations entre la morphologie cérébrale et les facultés cognitives sont devenues objet de science. À la suite des études de patients cérébrolésés, les progrès informatiques de la seconde moitié du xx<sup>e</sup> siècle ont permis le développement de l'imagerie cérébrale telle que nous la connaissons aujourd'hui. En permettant d'observer l'activité cérébrale correspondant à une situation particulière, la neuro-imagerie s'est imposée avec force comme l'outil le plus performant pour l'étude de l'esprit-cerveau. On peut donc comprendre l'engouement et la croissance fulgurante de l'utilisation de ces techniques qui offrent l'opportunité de se glisser à l'intérieur de la « boîte noire », ce qui était encore difficilement imaginable au milieu du siècle dernier.

Aujourd'hui, plus de huit articles utilisant l'imagerie cérébrale sont publiés quotidiennement dans les revues scientifiques internationales. Il est devenu commun, nécessaire même, pour un jeune chercheur, d'être compétent dans ce domaine. L'examen des publications dans la prestigieuse revue *Science* permet d'apprécier l'impact et la popularité grandissante de ces techniques de localisation des processus mentaux dans le cerveau. La plupart des articles publiés dans cette revue depuis 1998 s'appuient sur les techniques d'imagerie alors que les articles relevant d'observations comportementales y sont relativement

absents, à de rares exceptions près. Les recherches utilisant les outils conventionnels de la psychophysique se trouvent progressivement reléguées au second plan de cette « science de pointe ». S'ajoute un nombre non moins important d'articles relayant ces travaux dans la presse généraliste. Les images cérébrales font désormais partie de notre univers social. Elles fascinent les médias qui s'en font très largement l'écho et n'hésitent pas à se livrer aux spéculations les plus folles. L'investissement technologique s'accroît parallèlement dans l'ensemble des laboratoires de recherche. Les grandes universités ont progressivement remplacé leur programme de psychologie expérimentale ou cognitive par des enseignements de neurosciences cognitives. L'idée de l'homme-machine ne serait plus un horizon lointain mais bien une réalité à portée de la main... enfin, d'un scanner!

L'organisation des fonctions cognitives, déjà éclairées par plus d'un siècle de psychologie expérimentale, s'incarne désormais dans le cerveau. La neuro-imagerie endosse ainsi le rôle de falsificateur universel des théories psychologiques. En adaptant les protocoles expérimentaux issus de la psychologie cognitive aux techniques d'imagerie cérébrale, les neurosciences cognitives deviennent prépondérantes dans les théories psychologiques. Mais la réduction des phénomènes de la vie psychique à ses déterminants biologiques provoque des tensions au sein de la communauté scientifique. Certains considèrent même que l'intégration de la psychologie aux neurosciences cognitives (en d'autres termes, sa disparition) n'est qu'une question de temps. On trouve des publicités faisant la promotion de logiciels ludiques qui permettent d'entraîner telle ou telle partie du cerveau. On lit que les délinquants présentent certaines atrophies cérébrales spécifiques. Le message est simple et propice à la communication de masse. Mais simplicité n'est pas vérité. Ce type d'informations ne reflète-t-il pas au fond une méconnaissance profonde du fonctionnement cérébral?

Quand on affirme qu'une partie du cerveau *s'allume* dans telle ou telle condition, est-ce qu'on nous raconte bien toute l'histoire? La question de la localisation cérébrale des fonctions cognitives renvoie à la compréhension même du fonctionnement cognitif, à son développement, à ses déterminismes. Certains chercheurs considèrent que la localisation des fonctions cognitives dans le cerveau possède une valeur suffisante pour justifier les investissements

dont ils bénéficient. D'autres pensent au contraire que la localisation n'apporte rien de plus à la compréhension du fonctionnement cognitif. L'objectif poursuivi dans cet ouvrage est de considérer les fondements d'une telle entreprise de réduction de la psychologie aux neurosciences cognitives par l'intermédiaire des technologies d'imagerie cérébrale. Il ne s'agit pas de décourager les explorations dans ce domaine mais bien de poser le plus clairement possible les bases de cette collaboration interdisciplinaire. Vouloir localiser précisément les fonctions cognitives revient finalement à définir le champ même de la psychologie. Mais la localisation d'entités cognitives pose d'emblée le problème de ce que sont ces entités cognitives – fonctions ou processus – leur nature, leurs caractéristiques, leur spécificité. L'esprit peut-il se subdiviser en composants ou modules spécialisés? Et, si oui, jusqu'à quel point? L'inflation galopante du nombre de ces entités cognitives pose d'ailleurs le problème de leur définition théorique et opérationnelle. Il s'agit d'une difficulté bien connue des psychologues qui l'ont déjà rencontrée dans leur tentative de création d'une psychotechnique de l'esprit. Le premier chapitre sera consacré à un retour sur l'histoire de la psychologie à travers l'épineuse question de la dissociation des processus cognitifs.

Il s'agit ensuite d'examiner les conditions de validation de ces connaissances nouvelles et leur apport exact à la compréhension de la cognition humaine. Pour cela, un certain nombre de connaissances techniques et méthodologiques constituent un prérequis indispensable. Nous présenterons, dans le deuxième chapitre, les différentes étapes de la « fabrication » des images du cerveau. Nous essayerons de comprendre ce qu'est une neuro-image, ce que l'on peut et ce que l'on ne peut pas lui faire dire. Nous verrons en particulier que certaines de ces étapes s'appuient sur des postulats du fonctionnement cérébral qui restent encore très débattus. Nous reviendrons plus longuement, au troisième chapitre, sur les difficultés méthodologiques et interprétatives qui surgissent quand on se propose de lire l'esprit dans le cerveau.

Si l'imagerie cérébrale constitue un outil prometteur, on peut aussi s'inquiéter de sérieuses dérives dans ce domaine. La neuro-imagerie constitue sans doute aujourd'hui l'expression la plus moderne

et la plus aboutie d'une ontologie moniste s'opposant à l'idée que les états mentaux possèdent des caractéristiques qui sortent du champ de la physique. Tous les domaines disciplinaires sont d'ailleurs aujourd'hui susceptibles d'en invoquer le label. Le préfixe « neuro » s'appose désormais à une multitude de disciplines traditionnelles, en excluant souvent, de façon plus ou moins explicite, la référence à la psychologie. L'importance grandissante des neurosciences sociales en est un exemple spectaculaire. Si le cerveau a acquis une valeur sociale, c'est aussi parce qu'une véritable biologie de l'esprit est désormais considérée comme possible. Mais si le corps constitue un système explicatif privilégié, réduire l'esprit à ses seuls déterminants biologiques n'est pas sans risque. En l'absence d'une description précise de la chaîne causale qui relie le mental au neuronal, la prudence consiste à se demander si le sens donné aux images du cerveau ne se réduit pas à une simple projection de théories et de méta-théories dominantes. La neuro-imagerie pose donc à la fois des questions scientifiques, éthiques, juridiques, philosophiques, et sociétales. Il apparaît évident, dans ce contexte, que la psychologie doit s'inviter au débat. Si les applications médicales constituent un progrès indéniable, certaines dérives peuvent être observées, dans le domaine du marketing ou de la justice par exemple. Au chapitre 4, nous inviterons le lecteur à parcourir ces nouveaux champs d'application de la neuro-imagerie. Malgré l'ensemble des progrès techniques, nous verrons que certaines études se réduisent à une caricature mécaniste, et plutôt traditionnelle, du fonctionnement psychologique.

Après le XIX<sup>e</sup> siècle qui a vu le triomphe du positivisme, le XX<sup>e</sup> siècle fut celui de « La fin des certitudes », pour reprendre le titre du célèbre ouvrage d'Ilya Prigogine (1996). Dans tous les domaines scientifiques qui abordent les phénomènes complexes, et en particulier dans celui des sciences de la cognition, la science est devenue probabiliste. Le problème de la localisation des fonctions cognitives se heurte finalement à la complexité du fonctionnement cérébral, au caractère distribué de son fonctionnement, à sa dynamique. Nous reviendrons sur ces propriétés dans le dernier chapitre qui précisera les conditions nécessaires pour que se développe une neuro-imagerie cognitive rigoureuse... mais sans illusions. Bien qu'il puisse paraître

stimulant, le réductionnisme souvent affiché ouvre des perspectives de réalisation qui paraissent malgré tout encore lointaines. Que l'on nous excuse de tamiser ainsi la lumière dans la « boîte noire » mais le retour sur ces questions a avant tout pour objectif de poser des bases solides aux explorations à venir. Alors que les neurosciences cognitives donnent l'impression d'étudier le cerveau, et lui seul, il nous apparaît nécessaire de réaffirmer ici la consubstantialité de « l'esprit-cerveau ».



## CHAPITRE 1

# L'unité introuvable : comportement, cerveau, cognition



« Quelle philosophie que celle qui croit expliquer un fait par un mot ? »

Pierre Flourens, 1842

Il a fallu beaucoup de temps avant que l'humanité découvre l'existence du cerveau. Il en a encore fallu beaucoup pour qu'elle reconnaisse que le cerveau était à l'origine de nos actions et constituait le siège de notre esprit. Mais la connaissance de notre esprit s'est longtemps réduite aux descriptions philosophiques qui en étaient données. C'est à la fin du XIX<sup>e</sup> et au XX<sup>e</sup> siècle que l'analyse expérimentale du comportement est considérée comme une méthode possible d'approche des propriétés de l'esprit. Cette révolution cognitive, largement préparée par le béhaviorisme, constitue en quelque sorte la première naturalisation de l'esprit, l'intégration de cet objet étrange aux sciences naturelles ou, plus précisément, aux sciences de la vie. Aujourd'hui, les progrès réalisés dans l'exploration du cerveau, depuis un demi-siècle, permettent peut-être d'envisager une explication de l'esprit à partir du fonctionnement même du cerveau. Il s'agirait alors d'une seconde naturalisation, encore plus radicale que la première, bien que largement programmatique pour l'instant. Celle-ci est d'ailleurs à la base même de l'essor des sciences

cognitives dont le but est de définir une science des relations entre le comportement, l'esprit et le cerveau. Mais l'objectif est loin d'être atteint et fait encore débat.

## L'invention du cerveau et la naturalisation de l'esprit

La relation entre corps et esprit est une question de toujours. Le philosophe grec Alcmaeon de Croton (500? avant J.-C.) fut le premier dont les traces écrites attestent qu'il a proposé, à partir de dissections, que le cerveau est bien l'organe responsable de la sensation et de la pensée. En introduisant le *pneuma*, mystérieuse substance charriée par le sang, comme l'essence de la vie, Hippocrate (460-377 avant J.-C.) fondera un peu plus tard une théorie hydraulique de l'âme. Dans le même temps, Démocrite (460-362 avant J.-C.) propose que les « atomes de l'âme » résident bien à l'intérieur de la boîte crânienne. Bien qu'Aristote (384-322 avant J.-C.) ait laissé de côté la conception de Démocrite, cette idée d'encéphalisation de la psyché a fait son chemin. L'histoire de la philosophie grecque permet de comprendre l'importance de l'opposition platonicienne au matérialisme de Démocrite. Celle-ci relève du combat philosophique et politique qui opposait alors les matérialistes grecs, dont Épicure et Démocrite, aux idéalistes héritiers de Platon. Aristote propose ainsi que l'organe chaud qu'est le cœur est le seul qui puisse contrôler et générer les humeurs, reléguant le cerveau froid au rang de simple régulateur des excès du cœur. Les théories hydrauliques vont alors s'imposer comme les théories officielles pendant un long moment. Il faudra attendre Claude Galien (vers 129-199 après J.-C.), médecin réputé de l'Antiquité, pour que le centre de l'activité mentale retourne à l'intérieur de la boîte crânienne, dans les ventricules cérébraux précisément. Galien échafaude à son tour une théorie hydraulique de la cognition. Ce sont toujours les fluides qui permettent de faire circuler l'information dans le corps. Mais Galien est sans doute le premier à avoir proposé une catégorisation des fonctions mentales distinguant les entrées sensorielles, les sorties motrices et les fonctions associatives qui les relient. Au Moyen Âge, l'Église catholique s'opposera à la dissection avec la plus grande fermeté, ralentissant considérablement les études dans ce domaine. Il faudra l'émergence

des universités italiennes, à partir du XII<sup>e</sup> siècle, pour que l'étude de l'anatomie humaine puisse reprendre et, plus particulièrement, celle de l'anatomie du système nerveux. La théorie hydraulique proposée par Galien survécut ainsi jusqu'à la Renaissance avant d'être réfutée par Andreas Vesalius (1514-1564), célèbre anatomiste du XVI<sup>e</sup> siècle. Vesalius fixe alors le siège de l'esprit dans les parties solides du cerveau et non dans ses ventricules. Son célèbre traité d'anatomie lui permet de corriger les erreurs de Galien. Le débat se poursuit alors quant au caractère fonctionnel, homogène ou hétérogène, de la matière cérébrale. L'apparente homogénéité de la matière cérébrale a, il est vrai, de quoi déconcerter. Les XVII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècles abondent de découvertes anatomiques sur le système nerveux. Alors que René Descartes (1648) fixe le centre de l'âme humaine au niveau de la glande pinéale (l'épiphysse, une petite glande située au centre du cerveau), Thomas Willis (1681) parvient à classer les nerfs crâniens. L'idée selon laquelle le cerveau serait finalement un organe structurellement différencié s'impose enfin progressivement au cours du XIX<sup>e</sup> siècle. Charles Bell (1811) et François Magendie (1822) décrivent les rôles sensoriels des voies du système visuel.

C'est dans le contexte de la philosophie positiviste (Auguste Comte, 1848) et de la science triomphante que la théorie phrénologique de Franz-Joseph Gall s'imposera. Ce dernier entreprend ainsi de localiser non pas le siège de l'âme et de nos facultés mentales, mais bien les sièges spécifiques et séparés de chacune des dites facultés. Paul Broca (1861) et Carl Wernicke (1874) identifieront par la suite, à partir de l'étude de patients cérébrolésés, les régions du langage qui portent désormais leurs noms. Des régions cérébrales spécialisées voient ainsi progressivement le jour jusqu'à la fin du XX<sup>e</sup> siècle. Woolsey cartographie les régions somato-sensorielles (1958), Tunturi les aires auditives (1952) et Van Essen les aires visuelles (1984). « L'homme-machine » imaginé jadis par Julien Offray de La Mettrie (1748) prend alors toute sa signification. L'idée selon laquelle le cerveau ne peut être equipotentiel s'impose désormais avec force, y compris dans le domaine des fonctions dites de « haut niveau » comme le langage.

Il est désormais admis que le cerveau n'est pas une masse homogène et que des régions cérébrales spécialisées sont nécessaires à des fonctions particulières. Mais que signifie cette hétérogénéité cérébrale ?

Si la plupart des psychologues ont des positions matérialistes, cela ne signifie pas pour autant qu'ils sont tous réductionnistes et acceptent que l'explication biologique des phénomènes psychiques prévale sur les autres, ou se suffit à elle-même. Les psychologues continuent au contraire à étudier les processus psychologiques et les comportements sans référence directe au cerveau. Mais le fait qu'une région cérébrale soit nécessaire ou suffisante à une fonction mentale est au centre de la controverse sur la possibilité de localisation cérébrale des fonctions mentales. La polémique célèbre qui eut lieu au cours du XIX<sup>e</sup> siècle entre Franz Gall et Pierre Flourens en est une illustration<sup>1</sup>.

À partir de la fin du XX<sup>e</sup> siècle, en une trentaine d'années, l'imagerie fonctionnelle par résonance magnétique (IRMf) est devenue la technique privilégiée pour l'investigation scientifique de la relation entre le cerveau et l'esprit. Depuis la première étude IRMf publiée en 1991, plus de 20 000 articles ont été publiés sur ce sujet dans des revues scientifiques internationales, soit plus de 1 100 par an, c'est-à-dire plus de 3 par jour. On est passé de 4 publications IRMf au total pour l'année 1992 à plus de 8 par jour en 2012. Les progrès technologiques des scanners, les protocoles d'acquisition des images, les procédures expérimentales utilisées et les méthodes informatiques d'analyse améliorent encore notre compréhension de l'organisation cérébrale et de son fonctionnement. Mais les questions fondamentales demeurent, liées en particulier à l'interprétation théorique de ces études. Il apparaît nécessaire, dans ce contexte, de bien considérer les limites méthodologiques, logiques et conceptuelles des inférences effectuées sur la base des neuro-images devenues omniprésentes dans la littérature scientifique actuelle.

## De quoi le comportement est-il le signe ?

Les argumentations fondées sur la neuro-imagerie fonctionnelle possèdent une très grande force de conviction. Cela n'a rien d'étonnant car, d'une part, les données quantitatives qu'elle produit sont issues du cerveau, c'est-à-dire du centre matériel de production de l'activité

---

1. Voir «La localisation des facultés mentales : phrénologie et anti-phrénologie», p. 33.

psychologique. D'autre part, ces données ne se présentent pas, le plus souvent, sous la forme de tableaux numériques ou de figures plus ou moins complexes, comme il est souvent d'usage dans la littérature scientifique. Non, ces données quantitatives sont généralement transformées en images, 2D ou 3D, souvent colorées (des neuro-images)... et l'on sait, bien sûr, le pouvoir de persuasion des images dans la culture occidentale moderne!

Et pourtant, une neuro-image n'est rien d'autre qu'une mesure effectuée sur le cerveau dans un contexte situationnel et comportemental contrôlé. La neuro-imagerie fonctionnelle regroupe ainsi un ensemble de techniques complexes mises en œuvre afin de matérialiser l'activité cérébrale corrélée à un comportement observé (ou à son absence) et à l'activité psychologique (ou à son absence) qui en est inférée. Pour que la neuro-image prenne sens, elle doit donc être nécessairement mise en relation avec, pour faire court, des stimuli et des réponses comportementales. Autrement dit, une neuro-image est un indicateur du comportement et de l'activité psychologique. Mais – et ce point est capital – c'est un indicateur parmi d'autres ou, plus précisément, il ne peut être interprété qu'en relation avec d'autres indicateurs.

### ***Qu'est-ce qu'un indicateur ?***

Ce concept méthodologique est inséparable de la naissance et du développement de la psychologie scientifique à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle et au début du XX<sup>e</sup> siècle. Pour les fondateurs du béhaviorisme, l'activité psychologique n'est pas un objet d'étude : l'objet d'étude du béhaviorisme, ce sont les comportements observables (*overt behaviors*) contraints par les variations contextuelles de l'environnement et par les états ou processus internes de l'organisme. En ce sens, le béhaviorisme est aussi un contextualisme. Mais les béhavioristes ont également admis des comportements non observables (*covert behaviors*) contraints par des variations contextuelles externes et par les états ou processus internes de l'organisme. En ce sens, le béhaviorisme est aussi un organicisme, comme l'est d'ailleurs clairement le cognitivisme qui postule également que le comportement est déterminé par des états ou processus internes mentaux (pour une discussion des problèmes posés par les relations entre béhaviorisme,

cognitivismes et contextualismes, voir Mills, 1978 ; Snyder, 1984 ; Tiberghien, 1986).

Ainsi, quel que soit le choix théorique opéré, le concept d'indicateur comportemental est central. On peut en proposer la définition opérationnelle suivante : « un comportement défini ou une caractéristique définie d'un comportement qui soient aisément identifiables, ou mesurables, et qui possèdent, avec un processus ou un état psychique déterminés, une relation suffisamment simple et stable pour pouvoir fournir sur lui des informations adéquates » (Le Ny, 1957, p. 43).

De nombreux exemples peuvent illustrer ce concept d'indicateur. La présence d'une réponse motrice d'évitement d'un choc électrique est un indicateur. De la même façon, l'augmentation de l'amplitude de la réponse électrodermale (RED) qui accompagne cette réponse d'évitement est aussi un indicateur. Ces deux exemples montrent qu'un indicateur est une réponse de l'organisme qui peut être soit l'émission d'un comportement, soit sa suppression, soit la modification de ses paramètres (fréquence, amplitude, intensité, latence, etc.). Cette réponse peut, en outre, appartenir à des registres comportementaux variés, automatiques ou contrôlés (réponses motrices, perceptives, verbales, etc.), en y incluant même des réactions physiologiques (salivation, sudation psychique, etc.).

Mais à quelles réalités ces indicateurs renvoient-ils ? La réponse d'évitement évoquée précédemment est-elle un indicateur de la perception d'une menace, d'un conditionnement ou d'un apprentissage antérieur, d'une motivation à éviter la douleur, ou d'autres choses encore ? L'augmentation de l'amplitude de la RED signale-t-elle une émotion, une adaptation, une augmentation de la vigilance ? Définir un indicateur c'est donc inévitablement inventer une entité explicative (état ou processus psychologique) et la mettre en relation avec d'autres indicateurs et d'autres variables observables. En un certain sens, le choix d'un indicateur n'est pas un simple choix technique, c'est toujours un choix théorique et, plus précisément encore, c'est une construction théorique. Que peut-on dire de ces entités, de leur nature et de leurs relations avec les autres indicateurs ?

## **Variables intermédiaires et constructions hypothétiques**

Nous avons déjà dit que le béhaviorisme ne pouvait être réduit, sauf à le caricaturer, à une simple science du comportement. Très vite, les béhavioristes ont été théoriquement contraints de formuler des hypothèses sur ce qui se passait entre le stimulus  $s$  et la réponse  $r$  (la fameuse « boîte noire »). Le psychologue américain Edward Chace Tolman (1886-1959) fut l'un des premiers à admettre, de façon encore assez générale, qu'une visée explicative des relations entre  $s$  et  $r$  exigeait de postuler l'existence de variables intermédiaires : « Les variables intermédiaires, comme je les conçois, auront en partie les propriétés des constructions hypothétiques et ne seront pas seulement des quantités mathématiques intermédiaires. Cependant les surplus de signification [...] sont déduits [...] de l'intuition, du sens commun, de quelques connaissances livresques de neurologie et de ma propre phénoménologie » (Tolman, 1956, p. 98).

Certes, variables intermédiaires et constructions hypothétiques ont une caractéristique commune, elles ne sont pas observables. Mais il y a aussi des différences importantes entre ces deux catégories de variables (McCorquodale & Meehl, 1948). Une variable intermédiaire (*intervening variable*) est une quantité résultant d'une inférence, mais d'une inférence qui peut être décrite en termes empiriques ; elle peut donc être mise en relation avec des variables indépendantes (contrôlées par le chercheur) et, éventuellement, avec d'autres variables intermédiaires. Les variables intermédiaires sont donc des entités abstraites, en ce sens qu'elles synthétisent l'effet de plusieurs variables indépendantes sur plusieurs indicateurs en une fonction unique plus générale. On peut cependant se demander s'il est possible de définir une variable intermédiaire en des termes strictement physiques, c'est-à-dire n'impliquant aucune composante mentale. La question se pose déjà en mécanique quantique et donc, à plus forte raison, en psychologie... avec ou sans images du cerveau (voir, par exemple Snyder, 1984, p. 421). On remarquera aussi que la validation empirique d'une variable intermédiaire est une condition nécessaire et suffisante de sa validité. Enfin, la base neurologique d'une variable intermédiaire ne peut être logiquement envisagée puisqu'elle se traduit par une grandeur qui intervient dans une équation synthétique.

Au contraire, une construction hypothétique (*hypothetical construct*) est une entité invoquée (état, processus ou structure psychologiques) dont la description ne peut être totalement mise en relation avec les données empiriques ; elle y ajoute un surplus de signification qui n'est pas entièrement réductible aux données observables. Bien sûr, elle doit être vraisemblable mais elle demeure hypothétique et elle est décrite en des termes, au moins en partie, qualitatifs. Sa validation empirique est nécessaire mais elle n'est pas suffisante car plusieurs constructions hypothétiques peuvent être compatibles avec les mêmes données empiriques. Enfin, le substrat neurologique de ces constructions hypothétiques est souvent suggéré car elles décrivent de véritables entités physiques (un philosophe de la science dirait : des substances).

### ***Variables intermédiaires et constructions hypothétiques : deux exemples***

La force de l'habitude  $H$ , reliant un stimulus ( $s$ ) et la réponse ( $r$ ) associée est un exemple prototypique de variable intermédiaire :  $sHr$ . Cette variable intermédiaire a été proposée par le psychologue behavioriste américain Clark Leonard Hull (1943, pp. 102-123) pour unifier un ensemble de résultats empiriques particulièrement stables montrant que plusieurs indicateurs du comportement évoluaient selon la même dynamique sous l'influence de la quantité de renforcements ( $N$ ) : l'amplitude de la réponse croît, la latence diminue, la résistance à l'extinction et la fréquence des réponses correctes augmentent en fonction de  $N$ . Tous ces paramètres comportementaux peuvent donc être considérés comme des indicateurs d'une même variable intermédiaire non observable, la force de l'habitude. Cette dernière est une fonction croissante, négativement accélérée, du nombre de renforcements ( $N$ ) jusqu'à une limite physiologique ( $M$ ) et avec une vitesse ( $i$ ) spécifiques de la nature de l'apprentissage concerné (Hull, 1943 ; Tiberghien, 1971).

Un autre exemple de variable intermédiaire est la mesure de la discriminabilité  $d'$  dans la théorie de la détection du signal (Tanner *et al.*, 1954). Cette variable synthétise l'effet de nombreuses variables indépendantes (fréquence, récence, primauté, association) sur plusieurs variables dépendantes (probabilité et latence de reconnaissances correctes et de fausses alarmes, par exemple).

**CHAPITRE 4**

La « Neuro-quelque chose »  
ou l'inscription cérébrale... à outrance ..... 127

La neuro-économie ou la conquête du cerveau par le marché ..... 131

Le neuromarketing ou le commerce du cerveau ..... 136

La neuropolitique ou le cerveau à gouverner ..... 138

Le neurodroit ou le cerveau prévenu ..... 139

La neurothéologie ou le cerveau de Dieu ..... 144

La neuro-éthique ou le cerveau bien-pensant..... 145

**CHAPITRE 5**

Pour une neuro-imagerie sans illusions ..... 151

Localisation cérébrale et fonctionnement distribué..... 152

Le cerveau dynamique ..... 157

Comment le cerveau produit-il du mental ? ..... 164

Conclusion ..... 169

Bibliographie ..... 175

