



Mythes
et réalités

LES NEUROSCIENCES EN ÉDUCATION

Emmanuel Sander, Hippolyte Gros,
Katarina Gvozdic, Calliste Scheibling-Sève

RETZ

editions-retz.com

Remerciements

Nos remerciements vont en premier lieu à André Tricot qui nous a proposé ce projet et en a assuré le suivi de bout en bout avec une compétence et une bienveillance rares, qui ont permis de renforcer encore le plaisir d'écrire ce livre.
Chapeau, André !

Nous avons bénéficié de relectures fort fructueuses de collègues universitaires et enseignants concernant des chapitres spécifiques voire la quasi-totalité de l'ouvrage, dans des délais parfois presque indécents. Leurs apports ont été très précieux et c'est un plaisir pour nous d'exprimer ici toute notre reconnaissance à Thomas Andrillon, Catherine Audrin, Evelyne Clément, Aurélie Coubart, Alexia Forget, Mathieu Galtier, Louise Goyet, Alain Guerrien, Katia Lehraus, Adeline Lucchesi, Maxime Maheu, Géry Marcoux, Maria Pereira, David Piot, Sébastien Puma, David Sander, Walther Tessaro. Il va sans dire que la responsabilité des erreurs qui auraient subsisté dans l'ouvrage reste entièrement la nôtre.



Cet ouvrage suit l'orthographe recommandée par les rectifications de 1990 et les programmes scolaires. Voir le site <http://www.orthographe-recommandee.info> et son mini-guide d'information.

© Éditions Retz, 2018
ISBN : 978-2-7256-3583-5

SOMMAIRE

- **4** Introduction
- **11** Chapitre 1 : Dans l'IRM, tout s'éclaire
- **29** Chapitre 2 : Tout se joue avant 1/2/3/4/5/6/7/8 ans
- **45** Chapitre 3 : À chacun son style d'apprentissage
- **61** Chapitre 4 : Il existe 8 formes et demie d'intelligence
- **77** Chapitre 5 : Quand je dors, j'apprends
- **95** Chapitre 6 : Se tromper, c'est échouer
- **111** Chapitre 7 : Si je veux, je peux
- **125** Chapitre 8 : Au contact des écrans, notre cerveau et notre façon d'apprendre se transforment
- **146** Conclusion
- **154** Références

INTRODUCTION

De nos jours, la possibilité d'édifier une science du cerveau en mesure de répondre aux questions les plus lancinantes et les plus fondamentales qui taraudent l'humanité depuis des temps immémoriaux semble à portée de main. À sa source, l'identification d'une « particule élémentaire » : le neurone. Cellule nerveuse présente en énorme quantité dans le cerveau, le neurone est, on le sait, bien loin d'être l'unique et insécable composant du cerveau. Pourtant, étant donné sa présence cérébrale importante, il apparaît, dans la communauté scientifique aussi bien que dans l'imaginaire collectif, comme l'élément idéal dont pourrait découler la compréhension des mystères de la pensée.

L'idée d'une telle brique de base dont tout édifice serait formé est sécurisante pour une discipline et semble garante de progrès. En effet, une fois découverte la brique, ce sont sa constitution, ses interactions avec les autres briques et le reste de l'écosystème qu'il s'agit de comprendre. En tout cas, un cadre est posé à l'intérieur duquel la connaissance peut prospérer. Tout comme l'ADN fait consensus parmi les biologistes et l'atome parmi les physiciens, la psychologie est en quête d'une entrée qui permette à une communauté d'avancer durablement et de manière fructueuse. Le neurone reste une découverte scientifique relativement récente, ce qui laisse penser qu'il est encore loin d'avoir livré tous ses secrets. En outre, les progrès technologiques incessants rendent possibles des observations d'activités cérébrales avec une définition temporelle et spatiale qui repousse sans cesse les frontières de l'impénétrabilité : le cerveau, traditionnellement considéré comme une boîte noire opaque, a cessé d'être fermé à l'investigation. On peut désormais percevoir en temps réel et avec un certain niveau de détail de multiples marques de son activité. L'espèce humaine voit là l'espoir de se comprendre elle-même.

N'est-ce pas un des plus grands défis concevables que d'être devenu suffisamment complexe pour s'attaquer à la compréhension de sa propre complexité ? Il s'agit, pêle-mêle, d'avoir accès aux substrats biologiques des idées, des émotions, de l'inspiration, de la logique, de la créativité, de la conscience, de la spiritualité, de l'abstraction, des modes et formes de pensée, de la construction de connaissances, du développement de la personnalité, de la motivation, de l'intelligence, etc.

Les disciplines scientifiques ont toujours été classées en deux camps. D'un côté on trouve les sciences dures, dont les propositions seraient objectivement démontrables par des observations et des expérimentations systématiques, autrement dit de manière empirique. De l'autre, il y a les sciences humaines, où manque l'identification d'un substrat sur lequel s'appuyer pour assurer ces preuves empiriques. Assiste-t-on à la fin de cette dichotomie ? La prise en compte « objective » de phénomènes cérébraux pourrait-elle mettre tout le monde d'accord et permettre de tester des principes et des lois de sciences humaines ? Le neurone parviendra-t-il à « durcir » les sciences humaines ?

L'imaginaire collectif paraît tout prêt à adhérer sans retenue à cette idée, car toute considération appuyée sur des résultats de travaux en neurosciences semble se trouver soudainement auréolée de rigueur scientifique. La neuromania est d'envergure, se manifestant par une litanie de « neuroémergences » qui ont poussé comme des champignons ces dernières décennies, tant dans le champ de la recherche académique que dans diverses de ses émanations plus ou moins respectables et à buts plus ou moins lucratifs. L'usage du préfixe « neuro » semble ainsi faire revêtir soudain les habits de la science à des disciplines qui, jusque-là, étaient plutôt réputées pour leur forte teneur idéologique et leurs faibles fondements empiriques, ou tout au moins pour leur faculté à ouvrir la moindre observation à une large diversité d'interprétations. Il n'est pas rare, dans certains de ces champs, d'entendre un débatteur asséner l'argument

« neuronal » : « les recherches sur le cerveau ont montré que... », en faisant un argument d'autorité et indiquant ainsi que l'on est passé des opinions aux faits, que de cela il n'y a plus à débattre, mais que le moment est venu pour l'exploration des retombées du phénomène maintenant identifié et pour procéder à son opérationnalisation dans le champ disciplinaire concerné. La posture adoptée est celle d'une science du cerveau ayant attesté la validité de certaines idées, qu'il convient donc d'adopter comme des postulats afin de les faire fructifier.

Puisque certains détenteurs du savoir neuronal se prévalent d'observations d'activités cérébrales, validées par des méthodes d'investigation empruntées aux sciences du vivant, ils deviennent alors des initiés dont la parole vaut plus que celle de ceux qui ne s'appuient pas sur ces avancées. Neuromarketing, neuroéconomie, neuromanagement, neurofinance, neuroesthétique, neuroergonomie, neurosociologie, neuroanthropologie, neuropolitique, neurocréativité, neurosagesse, neurodesign, neuroméditation, neuroarchitecture, neurogastronomie, neurophilosophie, neuropsychanalyse, neuroéthique... Neuro, *ad nauseum*? Ce neuroinventaire à la Prévert embrasse un large spectre de champs d'investigation, et amène à se demander si cet engouement conjoncturel sera suivi par un effet quasi mécanique de balancier conduisant à la modestie face aux éventuelles déconvenues rencontrées. Ce qui constituerait un mouvement comparable à celui de l'intelligence artificielle des années 1960, où les débuts de cet âge d'or conduisaient d'aucuns à prédire la possibilité d'une machine parfaitement intelligente dans les vingt ans à venir. Ou, à l'inverse, se dirige-t-on vers un avenir où toute formation en marketing, économie, management, esthétique, ergonomie, sociologie, archéologie, etc. comprendra de manière incontournable des modules de neuroscience, tout simplement parce que les avancées scientifiques en la matière auront rendu évidente la nécessité de sa présence, comme c'est le cas actuellement pour un cours d'anatomie dans une formation médicale ou paramédicale ?

Nous sommes dans un contexte engendreur de mythes, résultat d'une rencontre entre des attentes élevées, une certaine naïveté épistémologique et des résultats scientifiques spectaculaires, fruits de technologies innovantes et produits par une communauté de chercheurs qui vit l'enivrante expérience de repousser les frontières du défi de se comprendre soi-même. Comment leur enthousiasme pourrait-il ne pas être communicatif lorsque le terrain est si fertile ? D'où la prolifération de neuromythes, phénomène d'une telle ampleur qu'ils sont devenus un objet de recherche à part entière (Pasquinelli, 2012 ; Howard-Jones, 2014). Un neuromythe tient pour établies scientifiquement, par le biais d'observations d'activités neuronales, de supposées caractéristiques du cerveau et de la psychologie humaine. Toutefois, et à la différence des controverses scientifiques, les neuromythes se repèrent par le fait que les auteurs de travaux qui sont cités comme décisifs ne se reconnaissent pas eux-mêmes dans les conclusions qui sont tirées de leurs recherches : ils voient un dévoiement dans les extrapolations qui sont faites par d'autres des résultats de leurs travaux.

Est-on pour autant face à une manifestation de pseudoscience dès lors qu'une discipline s'accôle ou se voit accoler l'épithète « neuro » ? Certainement pas. La neuropsychologie a, par exemple, une assise scientifique et historique incontestable. Et surtout, les talents exceptionnels de scientifiques pionniers mondialement reconnus dans leur discipline, qui font progresser la mise en lien de leur discipline avec ce que peut révéler de pertinent à leur propos notre organe de la pensée, ne peuvent certainement pas être balayés d'un revers de la main. En revanche, il est vrai que dans le cas de certaines des neuroémanations précédemment évoquées et certains individus qui tentent de les exploiter, il faut être particulièrement charitable, pour le dire avec douceur, pour défendre une possible légitimité scientifique et pour voir autre chose qu'un racolage dans cet accolage. Par exemple, une entreprise promeut une méthode d'apprentissage des langues étrangères qui « utilise

100 % de vos capacités mentales naturelles [...] Le système de codage subconscient de la langue dans le cerveau [...] agit différemment. Il stimule notre cerveau à produire des ondes électromagnétiques appropriées à la bonne fréquence. [...] Une bonne préparation permet "d'implanter" certaines habitudes dans le subconscient et de les programmer de façon permanente dans votre esprit, ce qui réduira considérablement le temps d'apprentissage. [...] la formule en 2 semaines d'apprentissage automatique [...] synchronise simultanément les hémisphères droit et gauche du cerveau ». Toute personne ayant des connaissances en neurosciences perçoit l'escroquerie, mais tout le monde n'a malheureusement pas cette expertise.

Les confusions dans la désignation même des notions en jeu constituent un obstacle supplémentaire pour y voir clair : on ne sait pas toujours bien de quoi l'on parle ! En effet, les neurosciences au sens large ont pour objet l'étude des fonctions et de la structure du système nerveux. Toutefois, lorsque le sujet est l'éducation ou un autre des domaines mentionnés précédemment, il est presque toujours question de neurosciences cognitives. Ces dernières désignent la partie des neurosciences qui prend pour objet la cognition : elles relèvent des sciences cognitives ou sciences de la cognition, qui visent à l'étude de la pensée, ou encore de la vie mentale. Au premier plan s'y trouve l'étude de la nature, de la structure et de la formation de connaissances, conformément à l'étymologie du terme « cognitif », dérivé du latin *cognitivus* « qui concerne la connaissance ». Les sciences cognitives s'appuient sur une nébuleuse de disciplines comprenant, outre les neurosciences, la psychologie, la philosophie, la linguistique, l'anthropologie, l'informatique, les mathématiques, etc. Isolément, les neurosciences sont muettes sur l'éducation, si bien que des apports effectifs ne sont concevables qu'en les inscrivant dans le cadre des sciences cognitives (Andler, 2018). C'est en prenant appui sur les apports théoriques de leur discipline et en s'articulant dans la transdisciplinarité que la psychologie expérimentale, l'analyse linguistique, les

démarches et les cadres philosophiques et anthropologiques, l'intelligence artificielle, la modélisation mathématique et les neurosciences cognitives convergent tous vers une meilleure compréhension des phénomènes, ainsi que vers la construction et l'évaluation de progressions d'apprentissage en classe intégrant les résultats de la recherche. Il est alors crucial d'aller au-delà des raccourcis auxquels se prêtent les idées séduisantes sur l'éducation qui se sont répandues en prenant comme alibi les neurosciences. Tout comme il faut se prémunir contre les amalgames qui sont faits en mêlant sans discernement des approches qu'il convient de distinguer pour ne pas créer de confusion.

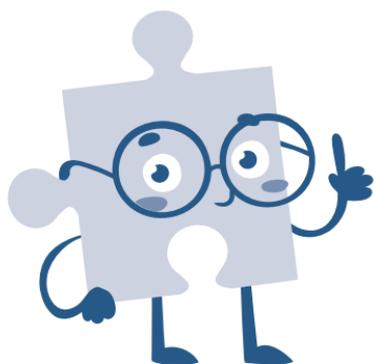
Mais les neurosciences – cognitives donc ! – fournissent-elles dans cette convergence de disciplines un apport effectivement utile pour l'éducation au-delà du caractère fascinant de l'accroissement des connaissances sur le fonctionnement de notre cerveau ? Il est fondé de se demander si cette incursion dans la plus stricte intimité du cerveau, celle de ses neurones, est porteuse de lois pour l'éducation, au même titre que celle de la cellule est porteuse de lois pour la santé, que celle des molécules est porteuse de lois pour la chimie, que celle des atomes de lois pour la physique. C'est l'objet de disciplines émergentes qui intègrent les travaux de neurosciences sur les apprentissages et, parfois, se nomment neuroéducation, neuropédagogie ou neurodidactique. Elles envisagent de (re)fonder une science de l'éducation dont le socle serait les connaissances neuronales ; leur actualité est vive (Berthier *et al.*, 2018 ; Borst & Houdé, 2018 ; Dehaene, 2018 ; Eustache & Guillery, 2016 ; Houdé 2018 ; Masson & Borst, 2018 ; Rossi, Lubin, & Lanoé, 2017). Sommes-nous alors dans les prémises d'un avenir où les faits neuronaux sur le fonctionnement de la mémoire, sur les phénomènes d'apprentissage et de transfert de connaissances, sur les processus perceptifs, sur les mécanismes d'intégration de l'information, sur la métacognition, etc. auront donné lieu à des ingénieries pédagogiques au sein desquelles chaque composant sera calibré pour optimiser la qualité de l'éducation ? Il est trop tôt pour le

dire. Toutefois, il est temps de construire un état des lieux, et de passer au crible des travaux actuels un ensemble d'idées qui ont une forte popularité dans les milieux de l'éducation, sans que toute personne non spécialisée dans ces questions ne puisse dire si elles tiennent de la pure affabulation ou si elles recèlent de puissants leviers pour l'école.

Dans le cas où ils sont détectés, les neuromythes ont pour conséquence délétère d'inciter au rejet tout entier des idées qu'ils portent et de pousser à répondre à l'exagération qu'ils constituent par l'exclusion en bloc de toutes les neurosciences. D'où l'importance d'analyses poussées afin de ne pas devenir aussi caricatural dans son rejet qu'on l'a été dans son adhésion et de ne pas remplacer un extrémisme par un autre. En effet, une littérature spécialisée est produite de par le monde par une communauté de chercheurs en neurosciences extrêmement motivée, compétente et ambitieuse, sur des objets de recherche qui jouxtent des enjeux éducationnels, voire les abordent de front.

Dans les chapitres qui suivent, nous nous appuyerons sur des travaux précis et tenterons de passer au filtre d'un examen critique exigeant un ensemble d'affirmations régulièrement exprimées dans le champ de l'éducation. Chaque chapitre aura pour intitulé une opinion répandue en lien avec les neurosciences, sans que les personnes qui expriment cette opinion soient le plus souvent en mesure d'apporter des arguments probants pour l'étayer. Cela nous conduira parfois à simplement identifier un neuromythe et à déposséder ainsi de légitimité scientifique l'affirmation en question. Dans d'autres cas, à nuancer, contextualiser, reformuler, spécifier, mettre en perspective, repenser des propositions dont certains fondements semblent solides, mais qui se sont répandues sous forme de raccourcis séduisants mais caricaturaux et imprécis.

DANS L'IRM,
TOUT
S'ÉCLAIRE



LE MYTHE

« Ne croire que ce que l'on voit »
ou « Ne voir que ce que l'on croit » ?

Pour Saint-Thomas, il n'y a pas à tergiverser sur cette question, la messe est dite : il acceptera la résurrection du Christ seulement s'il voit les stigmates de la crucifixion sur les mains de ce dernier (« Si je ne vois dans ses mains la marque des clous, [...], je ne croirai point. »), et Jésus reconnaît une certaine légitimité à sa demande car il lui donne satisfaction : « Il dit à Thomas : "Avance ici ton doigt, et regarde mes mains" ; pourtant le Christ avertit en même temps : "Tu m'as vu et tu crois. Heureux ceux qui n'ont pas vu et qui croient." ».

Même si le rapport à la preuve est bien différent entre science et religion, cette citation n'en soulève pas moins une question constitutive de l'épistémologie de n'importe quelle discipline. Elle relève des liens entre *percevoir* et *concevoir*, qui ne sont pas d'une simplicité biblique. La vision naïve que l'on peut avoir est que le « fait » est perceptif, que la « connaissance » est intellectuelle et que la seconde est une abstraction du premier. La perception sensorielle donne confiance dans la réalité de ce qui est perçu et la confiance est peut-être encore plus grande pour la perception visuelle que pour les autres perceptions sensorielles. Dans une des citations les plus célèbres de son œuvre, le philosophe Emmanuel Kant marque l'évidence, pour lui, de sa conscience morale en la comparant avec une perception visuelle : « Le ciel étoilé au-dessus de moi et la loi morale en moi », dit-il. Et pour un autre philosophe allemand, Friedrich Nietzsche, la relation est encore plus explicite et, apparemment, paradoxale car l'atteinte de l'abstraction la plus grande se voit conditionnée par la concrétude la plus forte : « Plus abstraite est la vérité que tu veux enseigner, plus tu dois en sa faveur séduire les sens. » Le sensoriel apparaît comme le pendant nécessaire du conceptuel.

Comme cette citation de Nietzsche le marque, la relation entre perception et conception est toutefois ambivalente, car il ne s'agit pas selon lui de démontrer mais de « séduire en sa faveur ». Cette citation affirme donc que voir fait bien croire, mais pas forcément à bon escient. Le passage de « voir fait croire » à « croire fait voir » devient alors aisé. D'une causalité orientée dans une certaine direction (« telle perception est la cause de telle abstraction »), on peut passer à une simple corrélation (« une certaine abstraction et une certaine perception se produisent de manière concomitante, ce qui favorise la croyance dans cette abstraction » pour reformuler la citation de Nietzsche). La corrélation devient compatible avec une inversion de la causalité (« telle abstraction est la cause de telle perception » : « Je vois ce que je crois »), car pourquoi privilégier une direction plutôt que l'autre ? Dans cet enchaînement, nous sommes passés, pour prendre le vocabulaire contemporain des sciences cognitives, d'une conception ascendante des processus mentaux, guidée par les données sensorielles, selon laquelle la perception produit la connaissance (« Je ne crois que ce que je vois »), à une conception descendante, guidée par les connaissances, dans laquelle ce qui est perçu est conditionné par ce qui est connu (« Je ne vois que ce que je crois »). Nous ne sommes pas ici dans la simple spéculation. Dans le champ des recherches sur la perception visuelle, il est maintenant commun de considérer la perception non pas comme objective mais comme une interprétation, dans le sens où elle est influencée par des facteurs contextuels et par les connaissances de l'individu (la composante descendante des processus que nous venons de mentionner). C'est ce phénomène qui explique, par exemple, que l'on peut parfois ne pas remarquer qu'il manque une lettre dans un mot que l'on est en train de lire car notre connaissance de l'existence de ce mot supplée l'absence d'information visuelle, jusqu'à nous donner l'illusion que la lettre est présente.

Une intrication des processus ascendants et descendants est également montrée dans de nombreuses recherches, ce qui

conduit à l'idée que certes l'on ne conçoit pas indépendamment de ce que l'on perçoit, mais que néanmoins l'on ne perçoit pas indépendamment de ce que l'on conçoit. Ainsi, dans une étude publiée il y a quelques années dans la revue *Science*, opportunément intitulée « *Does the "Why" Tell Us the "When" ?* »¹, Bechlivanidis et Lagnado (2013) ont entraîné des participants à un jeu vidéo où certains évènements en causaient d'autres, les premiers survenant avant les seconds. Dans une deuxième phase du jeu, les règles étaient modifiées sans que les participants en soient avertis, si bien que l'ordre temporel se trouvait en réalité inversé. Les chercheurs ont trouvé que les participants continuaient de penser que les règles initiales s'appliquaient et avaient l'illusion que certains évènements survenaient avant d'autres alors qu'en réalité l'inverse se produisait. Une autre illustration de l'interaction entre processus ascendants et descendants est le fait que si l'on colore en rouge un vin blanc et qu'on demande à des dégustateurs pourtant aguerris de commenter leur dégustation (Morrot, Brochet & Dubourdieu, 2001), ils ne remarquent en général pas qu'il s'agit de « faux » vins rouges lorsqu'ils les goutent. Ils appliquent sans hésiter à ceux-ci des adjectifs qui relèvent de la terminologie de la dégustation des vins rouges : les vins qualifiés précédemment comme sentant les fleurs ou l'ananas dans leur version non colorée se voient attribuer des arômes de framboise ou de mure après coloration (pourtant inodore, il va sans dire !). Ainsi la transformation de la perception visuelle produit une transformation de la perception olfactive.

Or les techniques de pistage des activités cérébrales, en progrès ininterrompus depuis plusieurs décennies, produisent des données sur les processus neuronaux, à partir desquelles il est possible de dériver des images censées refléter ces processus neuronaux. Cette perception visuelle est-elle un chemin direct vers une conception objective de nos processus mentaux ? Mais que peut nous dire la recherche scientifique sur la pertinence

1. Le « pourquoi » nous dit-il le « quand » ?

de cette intense *neurophilie* ? S'agirait-il d'une neuroillusion cognitive (Gentaz, 2017) ? L'engouement du public est-il le juste fruit de résultats utiles et convaincants, produits par les neurosciences ? Ou bien, soutenu par cette ambivalence tenace entre *percevoir* et *concevoir*, cet enthousiasme tient-il davantage d'un effet de mode, porteur d'une fascination indifférenciée, parfois tout à fait légitime, parfois franchement crédule, touchant le grand public mais peut-être aussi les chercheurs eux-mêmes ? De manière opportune, il se trouve que la recherche a produit elle-même l'analyse de sa propre réception par le grand public, en s'interrogeant sur les biais pouvant affecter son auditoire. Des chercheurs en sciences cognitives ont en effet choisi pour objet de leur recherche la perception par le public des résultats issus... de la recherche en sciences cognitives. Par cette habile mise en abîme, la réception critique de textes scientifiques par le public a pu être mesurée au sein de plusieurs situations expérimentales contrôlées.

QU'EN DIT LA RECHERCHE ?

Les sciences cognitives dans le miroir

En 2008, McCabe et Castel ont ainsi mené trois expériences étudiant l'impact de différents types de supports visuels accompagnant une série de textes de vulgarisation portant sur les neurosciences cognitives. L'idée sous-jacente à cette étude était de montrer l'existence d'un biais chez les lecteurs en faveur d'images de cerveau par rapport aux autres types de supports pouvant accompagner les articles de presse. Dans leur première expérience, les auteurs ont ainsi rédigé une série de textes de vulgarisation scientifique, présentant des résultats fictifs mais néanmoins crédibles. Ces textes avaient la particularité de tous inclure de subtiles erreurs de raisonnement logique, dues à l'usage de certains raccourcis fallacieux. Par exemple, l'un des textes indiquait que, puisque la même région du cerveau s'ac-