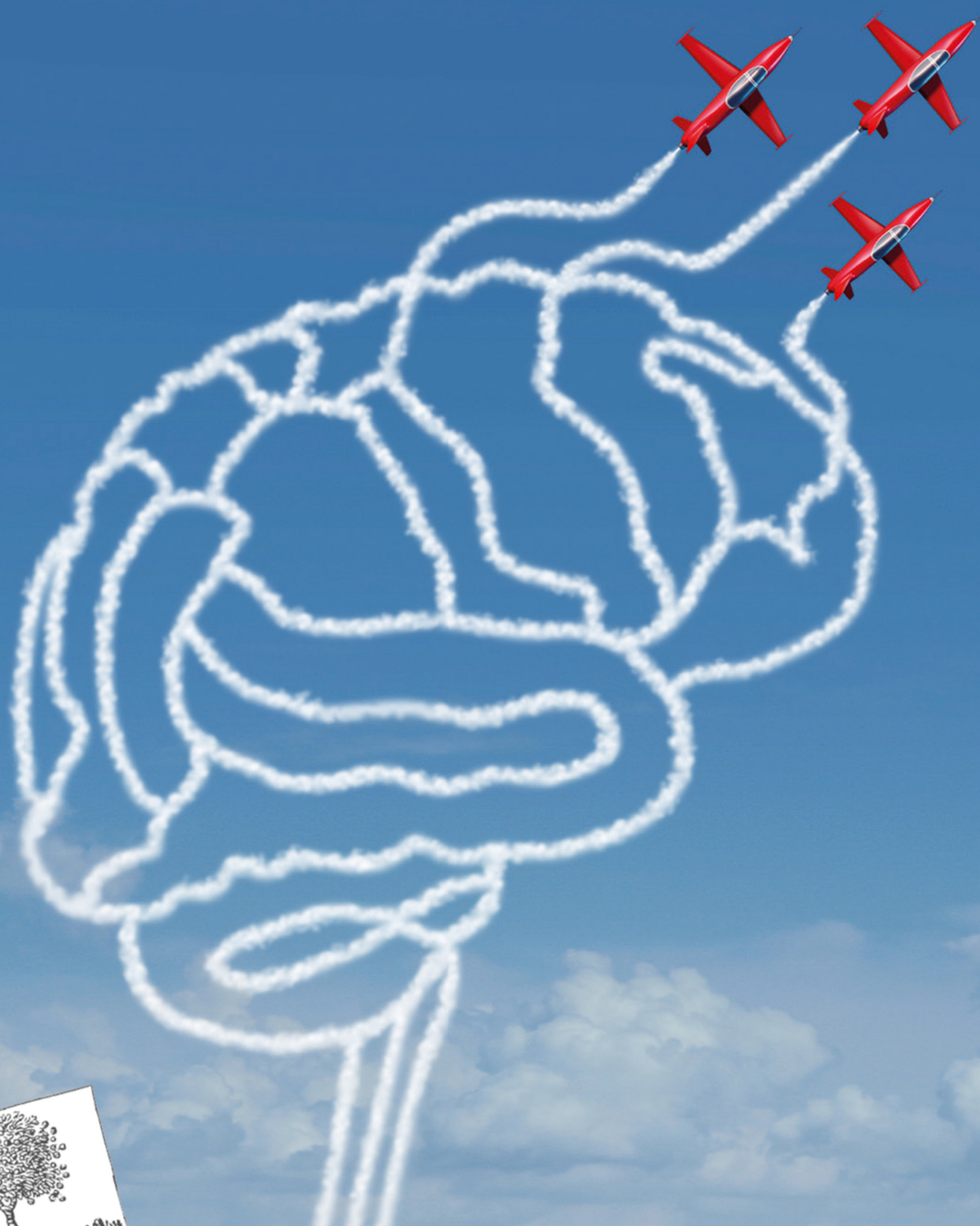


Nos cerveaux resteront-ils humains? Catherine Vidal



[MANIFESTE LE POMMIER !]

Nos cerveaux
resteront-ils
humains ?

Du même auteur

Femmes et santé : encore une affaire d'hommes ? (avec Muriel Salle), Belin, Coll. « Égale à Égal », 2017

Nos cerveaux, tous pareils, tous différents !, Belin, Coll. « Égale à Égal », 2015

Cerveau, sexe et pouvoir (avec D. Benoit-Browaeyts), nouvelle édition Poche, Belin, 2015

Hommes, femmes : avons-nous le même cerveau ?, Le Pommier, « Les Petites Pommes du savoir », 2012

Les filles ont-elles un cerveau fait pour les maths ?, Le Pommier, « Les Petites Pommes du savoir », 2012

Le cerveau évolue-t-il au cours de la vie ?, Le Pommier, « Les Petites Pommes du savoir », 2009

Nos enfants sous haute surveillance, Evaluations, dépistages, médicaments... (avec S. Giampino), Albin Michel, 2009

Féminin/Masculin : mythes et idéologie (sous la direction de C. Vidal), Belin, 2006

Nos cerveaux resteront-ils humains ?

Catherine Vidal



[MANIFESTE LE POMMIER !]

Prépa : Valérie Poge
Mise en page : Nord Compo

© Éditions Le Pommier/Humensis, 2019
Tous droits réservés
ISBN : 978-2-7465-1777-6

Éditions Le Pommier,
170 *bis*, boulevard du Montparnasse, 75014 Paris

www.editions-lepommier.fr

SOMMAIRE

<i>Introduction</i>	9
<i>La plasticité cérébrale :</i>	
<i>au cœur du cerveau humain</i>	13
<i>Petit cerveau deviendra grand</i>	14
<i>Les traces de l'apprentissage</i>	
<i>pendant l'enfance</i>	19
<i>La plasticité du cerveau à l'âge adulte</i>	23
<i>La plasticité cérébrale pour réparer le cerveau</i>	26
<i>Les mécanismes cellulaires</i>	
<i>de la plasticité cérébrale</i>	33
<i>La découverte de la « neurogenèse »</i>	36
<i>Quel cerveau demain pour les humains ?</i>	41
<i>Les neurotechnologies</i>	42
<i>Le transhumanisme : mythes et réalité</i>	50
<i>Super-intelligence : comment s'y prendre</i>	54
<i>Intelligences humaine et artificielle :</i>	
<i>quelles différences ?</i>	58
<i>Et nous dans tout ça ?</i>	63
<i>Qui va décider :</i>	
<i>les algorithmes ou les humains ?</i>	63

<i>Une humanité augmentée :</i> <i>pour qui ? Pourquoi ?.....</i>	67
<i>Conclusion générale.....</i>	71
<i>Glossaire.....</i>	75
<i>Bibliographie et webographie.....</i>	81

Introduction

Depuis une vingtaine d'années, les neuroscientifiques ont enfin réalisé leur rêve : voir le cerveau vivant à travers la boîte crânienne. On dispose à présent d'un outil d'exception, l'imagerie cérébrale par résonance magnétique ou IRM, qui permet d'observer à la fois la structure et le fonctionnement du cerveau en activité. Les mécanismes neuronaux des fonctions sensorielles, motrices et cognitives se dévoilent progressivement. Les applications tant en médecine qu'en recherche sont immenses.

Un des apports majeurs de l'IRM est d'avoir révélé les propriétés d'adaptation du cerveau aux événements de la vie. Au cours des apprentissages et des expériences, c'est la structure même du cerveau qui se modifie avec la fabrication de nouvelles connexions entre les neurones. On parle de « plasticité cérébrale » pour décrire cette propriété exceptionnelle du cerveau, qui se façonne au gré de l'histoire vécue. Rien n'est à jamais figé ni programmé dans le cerveau depuis la naissance. C'est une véritable révolution pour la compréhension de l'humain. Les anciennes théories

qui prétendaient que tout était joué très tôt, avant six ans, sont révolues. Notre vision du cerveau est désormais celle d'un organe dynamique qui évolue tout au long de la vie.

La découverte de la plasticité cérébrale a ouvert la voie à la possibilité d'agir directement sur le cerveau pour compenser certains handicaps physiques et troubles mentaux. Implanter des microprocesseurs dans le cerveau, décoder les signaux électriques produits par les neurones, stimuler des régions spécifiques du cerveau pour en modifier l'activité sont des procédés désormais réalisables chez les humains. Ces « neurotechnologies » s'avèrent efficaces dans un nombre croissant de pathologies du cerveau.

Mais les perspectives de leurs applications concernent aussi la population en bonne santé, avec pour finalité de faciliter les apprentissages et les performances intellectuelles. Cette quête de « l'homme augmenté » est au cœur du mouvement transhumaniste. Un de ses chefs de file, Ray Kurzweil – actuellement directeur de l'ingénierie chez Google – déclarait en 2016 : « Nous utiliserons des nanorobots intracérébraux branchés sur nos neurones pour nous connecter à Internet vers 2035 [...] On pourra transférer notre mémoire et notre conscience dans des microprocesseurs dès 2045. » La fusion entre la pensée et l'ordinateur est-elle un pur fantasme ou s'agit-il d'un

futur probable où l'intelligence artificielle supplantera l'intelligence humaine ? Comment faire la part du bénéfice escompté de l'innovation neurotechnologique et des promesses du transhumanisme, selon lesquelles les robots humanoïdes mèneront le monde ?

Ces questions interpellent la chercheuse en neurosciences que je suis et nombre de mes collègues. La menace de transformation de la condition humaine est en train de sortir de la science-fiction. Il est dès lors essentiel d'informer un large public de non-spécialistes sur les innovations technologiques réellement bénéfiques pour « réparer » les humains et sur celles qui visent à transformer les individus et menacent leur liberté d'agir et de penser.

Tel est l'objectif de ce livre. Nous évoquerons les progrès des recherches sur la plasticité cérébrale et sur les nouvelles technologies de manipulation du cerveau. La confrontation de ces connaissances avec les thèses transhumanistes est cruciale pour permettre à tout un chacun de faire la part de ce qui relève du prouvé et de ce qui ressort du probable ou de l'utopie.

L'enthousiasme suscité par les perspectives de victoire sur les handicaps et le vieillissement du cerveau ne doit pas supprimer la vigilance face à ceux qui seraient tentés de transformer notre esprit et notre rapport au monde.

Une réflexion éthique s'impose afin que les avancées technologiques en neurosciences et en intelligence artificielle se fassent dans le respect des droits humains et des libertés fondamentales.

La plasticité cérébrale : au cœur du cerveau humain

Sept milliards d'êtres humains sur Terre et autant de personnalités et de façons de penser différentes ! Comment expliquer que nous sommes à la fois tous semblables et tous différents ? Quelle est la part de l'hérédité et quelle est celle de l'environnement, de la société, de la culture dans la construction de nos identités ? Ces questions sont au cœur de débats passionnés entre philosophes, sociologues, psychologues, médecins, biologistes.

Dans les siècles passés, on a longtemps pensé qu'à la naissance le cerveau du bébé contenait en germe les caractéristiques de la personnalité de l'adulte. Le cerveau était conçu comme un organe façonné par des lois biologiques héréditaires propres à chaque individu et qui orientaient son destin.

Au début du xx^e siècle, les idées évoluent avec l'essor des études de psychologie et de psychanalyse, qui montrent que l'être humain est malléable dans ses comportements, ses pensées, ses émotions, en fonction des situations vécues. La période de la petite enfance est supposée déterminante pour le développement ultérieur de la personne. Ces thèses ont été largement répandues, y compris dans le grand public. En 1970, le psychologue américain Dodson publie un livre intitulé *Tout se joue avant six ans*, qui devient un best-seller. Selon lui, les influences affectives et les stimulations intellectuelles dans les cinq premières années sont cruciales pour déterminer la personnalité et l'intelligence de l'adulte.

De nos jours les recherches dans de nombreux domaines, pédiatrie, psychologie, psychanalyse, sciences de l'éducation, sciences cognitives, ont largement remis en question le dogme de l'âge fatidique de six ans : rien n'est définitivement joué, ni sur le plan des affects ni sur celui des capacités cognitives et des compétences. Tout se rejoue en permanence pour les enfants et aussi pour les adultes.

Petit cerveau deviendra grand

Avec l'avancée des connaissances en neurobiologie, des progrès considérables ont été réalisés dans la

compréhension du rôle des gènes et des facteurs de l'environnement dans le développement du cerveau. Quand le nouveau-né voit le jour, son cerveau compte cent milliards de neurones, qui cessent alors de se multiplier. Mais la fabrication du cerveau est loin d'être terminée, car les connexions entre les neurones, les synapses commencent à peine à se former. Cela signifie que la majorité des milliards de synapses du cerveau humain se fabriquent à partir du moment où le bébé commence à interagir avec le monde extérieur. On estime que, dans un cerveau adulte, chaque neurone est connecté à dix mille autres, ce qui correspond à un million de milliards de synapses ! Or seulement six mille gènes interviennent dans la construction du cerveau. Ce n'est manifestement pas assez pour contrôler la formation de nos milliards de connexions. Le devenir de chacun de nos neurones n'est pas inscrit dans le programme génétique.

Dans les mécanismes éminemment complexes du développement du cerveau, les interactions avec l'environnement jouent donc un rôle majeur pour la construction des réseaux de neurones. Le système visuel en est l'illustration frappante. À la naissance, la vision du bébé est très sommaire. Ce n'est qu'à l'âge de cinq ans que l'enfant possède des capacités visuelles comparables à celles de l'adulte. Il faut donc cinq années pour réaliser le câblage des neurones qui transportent les informations

visuelles depuis la rétine dans le nerf optique et jusqu'au cortex cérébral, où sont analysés les signaux lumineux. Dans tout ce processus, l'impact de la lumière sur la rétine est une condition indispensable pour que les neurones visuels se connectent correctement. Un manque de stimulation de l'œil par la lumière chez des enfants atteints de cataracte peut conduire à la cécité. De même, toutes sortes de stimulations de l'environnement guident la mise en place des circuits de neurones permettant d'assurer les fonctions cérébrales, qu'elles soient sensorielles, motrices ou cognitives. Ainsi, l'acquisition du langage peut être gravement perturbée dans des cas de déficit auditif, d'où l'importance de poser des implants auditifs le plus tôt possible.

Les interactions sociales sont également indispensables à un développement cognitif harmonieux. Une situation extrême est celle des enfants sauvages qui ont été privés de tout contact humain dès le plus jeune âge. Sur une quarantaine de cas recensés, tous souffraient de graves handicaps mentaux. Une fois plongés dans la civilisation, ils se sont montrés incapables d'apprendre une langue. Plus près de nous, il y a le triste épisode des orphelins roumains, peuplés d'enfants en total dénuement social et affectif. Beaucoup présentaient des troubles graves du développement et du fonctionnement cérébral. Cependant, une fois placés dans des familles d'adoption,

la plupart ont progressivement rattrapé leur retard et ont pu suivre une scolarité comme les autres enfants.

Ces différents exemples illustrent le rôle crucial des interactions avec le monde extérieur dans la construction du cerveau. Ils montrent que le cerveau n'est pas d'emblée câblé comme un ordinateur et que rien n'est irrémédiablement figé. Le concept de plasticité permet de dépasser le dilemme classique qui tend à opposer nature et culture. En fait, dans la construction du cerveau, l'inné et l'acquis sont inséparables. L'inné apporte la capacité de câblage entre les neurones, l'acquis permet la réalisation effective de ce câblage. Toute personne humaine, de par son existence et son expérience, est simultanément un être biologique et un être social. Comme le déclarait le grand biologiste François Jacob : « Vouloir séparer le biologique du culturel n'a pas de sens. Pas plus que de demander si le goût de Roméo pour Juliette est d'origine génétique ou culturelle. » (*Le Jeu des possibles*, Fayard, 1981).

Les capacités de plasticité du cerveau apportent un éclairage nouveau sur les processus qui contribuent à forger nos identités sexuées. À la naissance, le petit humain n'a pas conscience de son sexe. Il va l'apprendre progressivement, au fur et à mesure que ses capacités cérébrales se développent. Ce n'est qu'à partir de l'âge de deux ans et demi que l'enfant devient capable de s'identifier à l'un des deux sexes. Or, depuis la naissance, il évolue dans

un environnement sexué : la chambre, les jouets, les vêtements diffèrent selon le sexe de l'enfant. De nombreuses expériences de psychologie ont montré que les adultes, de façon inconsciente, n'ont pas les mêmes façons de se comporter avec les bébés. Ils ont plus d'interactions physiques avec les bébés garçons, alors qu'ils parlent davantage aux filles. Au fur et à mesure de la maturation du cerveau de l'enfant, celui-ci fait l'apprentissage des différences de traits physiques et de rôles entre les femmes et les hommes. La petite fille aura tendance à suivre le modèle de sa mère, qui s'occupe des tâches domestiques. Le garçon sortira faire du sport avec son père. L'interaction avec l'environnement familial, social, culturel va orienter les goûts, les aptitudes et contribuer à forger certains traits de personnalité en fonction des normes du masculin et du féminin données par la société. Mais tout n'est pas joué pendant l'enfance. Les schémas stéréotypés ne sont pas gravés dans les neurones de façon immuable. À tous les âges de la vie, la plasticité du cerveau permet de changer d'habitudes, d'acquérir de nouveaux talents, de choisir différents itinéraires de vie. La diversité des expériences vécues fait que chacun de nous va forger sa propre façon de vivre sa vie de femme ou d'homme.

Les traces de l'apprentissage pendant l'enfance

La prime enfance est la période de la plus grande malléabilité du système nerveux. La facilité des enfants pour acquérir de nouvelles connaissances, qu'il s'agisse d'activités intellectuelles, artistiques ou sportives, saute aux yeux. Le jeune cerveau est alors en pleine construction et s'imprègne des événements qui surviennent à l'école, dans la famille, dans l'environnement en général. Des chercheurs ont étudié par IRM les effets d'une année d'enseignement en maths sur les cerveaux d'élèves à l'école élémentaire. Dans des tests de calcul, les élèves de CE2 (8-9 ans) étaient meilleurs que ceux de CE1 (7-8 ans) et leurs cerveaux montraient plus d'activité dans les régions spécialisées dans la représentation des nombres. De plus, les connexions de ces régions avec celles qui sont impliquées dans la mémoire et l'attention étaient plus développées. Ces résultats ont été observés aussi bien chez les filles que chez les garçons. Cette expérience est une belle démonstration du rôle de l'apprentissage scolaire dans la construction des réseaux de neurones qui sous-tendent les fonctions cognitives, que ce soit en mathématiques ou dans d'autres matières.

Chez les adultes aussi, l'IRM permet de détecter les traces des apprentissages qui ont eu lieu pendant l'enfance.

Les musiciens professionnels sont des sujets idéals pour étudier les effets d'un apprentissage intensif et de longue durée sur le cerveau. La pratique d'un instrument implique une coordination très précise entre la vision, l'audition et la motricité des bras et des mains. Il faut aussi apprendre à mémoriser de longues séquences de mouvements. Cet apprentissage laborieux depuis l'enfance laisse des traces durables dans le cerveau. Chez les pianistes, on peut voir par IRM des modifications particulières de la structure du cerveau. Des expériences ont été réalisées chez des musiciens professionnels qui avaient commencé le piano vers l'âge de six ans. L'étude a pris en compte le nombre d'heures de pratique quotidienne, pendant l'enfance, l'adolescence et la vie professionnelle adulte. L'IRM a révélé un épaississement du cortex cérébral dans les zones spécialisées dans la motricité des mains, la vision et l'audition. Ce phénomène d'épaississement est dû à la fabrication de connexions supplémentaires entre les neurones. On constate également une augmentation d'épaisseur des faisceaux de fibres nerveuses qui partent du cerveau et descendent dans la moelle épinière pour contrôler l'activité des muscles. Une observation très importante dans cette étude est que les modifications cérébrales sont proportionnelles au temps consacré à l'apprentissage du piano pendant la petite enfance. Le temps de pratique à l'âge adulte a moins d'influence. Ces