

An abstract graphic consisting of several thin, white, parallel lines that originate from the bottom left and extend towards the top right, creating a sense of movement and depth against the blue background.

# LA PLASTICITÉ CÉRÉBRALE

# NEUROPLASTICITÉ CÉRÉBRALE

## SAVOIR PROFITER DE LA PLASTICITÉ CÉRÉBRALE POUR VOTRE PAROLE

Avec le cumul de situations de parole pénibles, la PQB se forme une banque de « [souvenirs de bégaiement](#). » Le plus bel exemple est lorsque nous avons de la difficulté à nous présenter, à dire notre nom. Avec le temps et l'ajout presque continu d'autres situations de parole pénibles, cette banque de souvenirs prend une telle ampleur que l'individu qui bégaie en vient à entretenir des croyances, des perceptions et des émotions, dont la peur, ([l'iceberg de Sheehan](#) et [l'Hexagone de Harrison](#)) en vertu desquelles il se forge une mentalité, un état d'esprit de bégaiement. Son amygdale, cette oubliée de l'évolution qui n'a pas su s'adapter à notre vie moderne, perçoit toute situation sociale - qui rappelle de mauvais souvenirs à la PQB (parler en groupe/en public) - comme une [menace à sa survie](#) ([réaction bats-toi-ou-fuis-ou-figer-sur-place](#)).

Pour briser ce cercle vicieux qui s'autorenforce perpétuellement, la PQB doit prendre la décision d'améliorer sa condition (et sa personnalité) et entreprendre des actions qui lui permettront d'évoluer dans la vie comme toute personne fluide, *c.-à-d.* sans se soucier de sa parole. Étant donné la nature du bégaiement, elle seule pourra régler son problème car la partie la plus importante du travail ne peut être accomplie par personne d'autre que la PQB.

Dans un cas, la PQB appliquera les méthodes décrites dans le [livre de Lee Lovett](#), lequel repose principalement sur le contrôle du cerveau, en mettant à profit les avantages de la plasticité cérébrale dont nous discuterons dans quelques instants.

Ou elle entreprendra un parcours plus long, avec ou sans aide professionnelle. Mais elle devra [sortir de sa zone de confort](#), ce qui présuppose qu'elle devra d'abord [accepter](#) son bégaiement (accepter de bégayer sans en faire une montagne). Et je ne parle pas de résignation ici, mais d'un passage obligé avant d'accéder à l'étape de [l'amélioration de soi](#).

Il y a plusieurs moyens de sortir de sa zone de confort, l'un d'eux étant de devenir membre d'un [Club Toastmasters](#). (Le bégaiement étant un problème « social, » pas étonnant qu'une des meilleures méthodes pour en sortir soit de nature sociale.) Ces clubs représentent un lieu sécuritaire où les gens s'entraident dans un esprit de camaraderie. La PQB y affrontera la plus grande peur de tout le monde, bégaiement ou pas : parler en public. Au début, ce sera difficile et cela demandera du courage, de savoir tolérer un embarras passager qui se dissipera rapidement, car on devient rapidement plus à l'aise. Quel plaisir que de constater que cette chose que nous pensions inaccessible est non seulement à notre portée, mais, oh surprise, [c'est même source de plaisir !](#) La PQB, au gré des improvisations, des discours et autres interventions, travaillera, sans en être consciente, sur ses perceptions, ses [croyances](#) et ses [émotions](#), y compris la peur.

## TRAVAILLER À CONTRÔLER VOTRE CERVEAU

Les autosuggestions (telles que prônées par Lee Lovett et [Matthew O'Malley](#)), sont un moyen simple mais efficace de travailler sur notre esprit conscient en se répétant de courtes affirmations positives qui remplaceront, avec le temps, [nos dévalorisants bavardages internes](#).

Car heureusement, les choses ne sont pas figées, nos connexions neuronales existantes peuvent se défaire et être remplacées par de nouvelles. En effet, *nos cerveaux se modifient continuellement, en fonction de nos expériences*, en fabriquant de nouveaux neurones ou de nouvelles connexions neuronales. En fait, la neuroplasticité est la faculté du système nerveux à se réorganiser quand il subit un changement.

La neuroplasticité offre également de l'espoir à tous ceux qui veulent changer leurs mauvaises habitudes<sup>1</sup>. Car concrètement, ces changements de connexions veulent dire que le cerveau est capable de désapprendre ce qu'il a « imprimé » et mis en place. Nos pensées et notre imagination [ont un impact considérable sur notre cerveau](#). Elles modifient même son anatomie et, par extension, nos comportements. En fait, simplement en pensant que l'on bouge la main, on provoque une activation des mêmes zones du cerveau que s'il y avait réellement un mouvement.

Le cerveau répond à un principe, « use it or lose it » – traduction bien personnelle : « Ou tu l'utilises, ou tu le perds » - et c'est une découverte récente. Cela signifie qu'un réseau de neurones qui n'est plus utilisé sera perdu. Autrement dit, si on sollicite davantage [d'émotions positives](#), celles-ci vont peu à peu remplacer les ressentis négatifs, lesquels tendront à disparaître peu à peu.

Concrètement, cela veut dire que plus la PQB connaîtra de situations de parole réussies (en lisant à haute voix – sans toutefois bégayer -, en prononçant des improvisations et des discours préparés tout en améliorant, graduellement, sa parole et d'autres qualités d'orateur/oratrice), plus de nouvelles connexions neuronales s'établiront. Moins elle bégaiera, plus ses anciens circuits neuronaux de bégaiement s'affaibliront (car ils serviront moins) et plus l'état d'esprit, les états d'âme, la mentalité de bégaiement feront place à un état d'esprit de personne fluide. Les « souvenirs de bégaiement » seront remplacés par des « souvenirs de parole fluente. »

C'est ainsi que travaille, pour vous, la plasticité cérébrale. Profitez-en dès maintenant.

*Richard*<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> On dit souvent que le bégaiement est une habitude.

<sup>2</sup> Référence : [Les Étonnants Pouvoirs de transformation du cerveau](#), écrit par le psychothérapeute canadien Norman Doidge.

# NEUROPLASTICITÉ CÉRÉBRALE

## CONTENU

Résumé des articles et points saillants

*Imaginez-vous être quelqu'un de différent.* (Article principal.) Tour d'horizon sur la plasticité cérébrale. Page 8.

(Recherche) *Le cerveau adulte plus malléable qu'on le croyait.* Selon une nouvelle étude montréalaise, le cerveau adulte est plus malléable qu'on le croyait. Des cellules appelées « astrocytes », qui sont essentielles au bon fonctionnement des neurones continuent, contrairement à ce qu'on pensait, à évoluer à l'âge adulte. Page 20.

Courriel de Laurent Lagarde (Goodbye Bégaiement) sur un article paru dans le bulletin de la British Stammering Association (BSA) sur la Zone de Brodmann 47 et au sujet du ratio hommes/femmes qui bégaiement. Le rétablissement du bégaiement ne met pas en oeuvre la neurogenèse – formation de nouveaux neurones – mais plutôt des changements évolutifs grâce à la plasticité des circuits neuronaux. Ce genre de plasticité peut également expliquer pourquoi quatre fois plus de garçons que de filles semblent bégayer : « Il y a des indications que les filles qui bégaiement jouissent d'une meilleure connectivité pour certains circuits cérébraux qui participent à la coordination des zones auditives et motrices du cerveau, ce qui les aide à mieux se rétablir du bégaiement. » Page 21.

(Recherche) *Bonne nouvelle : vous êtes né avec un meilleur cerveau que vous le croyez.* Justement parce que nous venons au monde en sachant très peu de choses, nos cerveaux sont câblés pour absorber beaucoup d'informations pendant notre enfance, nos premières années. Mais à un moment donné, alors que nous sommes moins habiles à acquérir de nouvelles habiletés, mais plus à même d'optimiser ce que nous savons, l'absorption est remplacée par la consolidation. Page 22.

(Recherche) Moins bonne nouvelle : *Dès 13 ans, le cerveau semble cesser de produire les neurones de la mémoire.* Lapresse.ca, parution du 7 mars 2018. Page 24.

Les trois articles suivants nous parleront du sommeil.

(Recherche) *Notre cerveau est muni d'un bouton «supprimer»; voici comment l'utiliser.* Il y a un dicton en neuroscience qui dit ceci : « *Les neurones qui fusionnent se connectent.* » Cela signifie que plus vous utilisez un neuro-circuit de votre cerveau, plus solide deviendra ce circuit. Mais selon de récentes découvertes, l'habilité à apprendre exige plus que de construire et de renforcer des connexions neuronales. *Encore plus importante est notre capacité à nous débarrasser des anciennes.* Nous appelons cela «élagage synaptique.» Les «Cellules gliales»,

jardinières de notre cerveau, agissent afin d'accélérer les signaux entre certains neurones. D'autres cellules gliales – en fait, microgliales - sont les vidangeuses, arrachant les mauvaises herbes, tuant les insectes nuisibles et raclant les feuilles mortes. Nous appelons ces jardinières-élagueuses «cellules microgliales.» Elles élaguent vos connexions synaptiques. Les connexions synaptiques peu utilisées sont marquées par une protéine. Lorsque les cellules microgliales détectent ce marquage, elles se collent à la protéine et détruisent - ou élaguent - la synapse. *Voilà comment votre cerveau fait de la place afin que vous puissiez instaurer de nouvelles connexions plus solides et apprendre davantage.* Lorsque vous apprenez un tas de nouvelles choses, votre cerveau construit des connexions, connexions encore inefficaces et ponctuelles (ad hoc). Votre cerveau a donc besoin d'élaguer un grand nombre de connexions afin de pouvoir instaurer des circuits mieux fuselés et plus efficaces. **Il fait cela lorsque vous dormez.** Ce sont les connexions synaptiques que vous *n'utilisez pas* qui sont marquées pour le recyclage. Celles que vous utilisez seront arrosées et oxygénées. ***Pour bénéficier du système naturel de jardinage de votre cerveau, vous n'avez qu'à penser à ces choses qui vous sont importantes.*** Vos jardinières sauront renforcer ces connexions et élaguer celles qui vous intéressent moins. C'est ainsi que vous aidez le jardin de votre cerveau à à s'épanouir. Page 26.

(Recherche) ***Le cerveau profite du sommeil paradoxal pour se débarrasser de connexions inutiles.*** Par Roheeni Saxena. (Comme nous venons de le voir dans l'article précédent), pendant le sommeil paradoxal, certaines des structures qu'utilisent les neurones pour établir des connexions entre eux sont élaguées, alors que d'autres sont maintenues et renforcées. Le cerveau choisit quelles portions d'un nouveau circuit neuronal il désire éliminer et celles qu'il désire renforcer et améliorer pour usage futur. Sans un sommeil paradoxal suffisant pendant leur croissance, les cerveaux juvéniles et adolescents pourraient ne pas pouvoir ajuster les connexions entre leurs neurones pour profiter de ce qu'ils ont appris. Page 29.

(Recherche) ***Pourquoi le sommeil est important pour votre santé.*** Pendant le sommeil paradoxal, il y a un surcroît d'activités dans les régions cérébrales de la vision, de la motricité, des émotions et de la mémoire autobiographique. Tout ce que nous voyons, chaque conversation que nous avons est mâchée, avalée et filtrée alors que nous rêvons, pour être ensuite supprimés ou assimilés. Le sommeil paradoxal affecte l'acuité avec laquelle les individus vivront les émotions et traiteront les stimuli externes. Plus le sommeil paradoxal sera complet, plus faible sera l'effet lié à la peur. Nous croyons que l'amygdale peut devenir moins réactive aux stimuli, et donc moins susceptible de réagir de façon excessive à quelque chose qui ne devrait vraiment pas être craint. Page 32.

(Recherche) ***Des scientifiques découvrent une règle fondamentale de la plasticité cérébrale.*** Par la Picower Institute for Learning and Memory du MIT. Juin 2018. Lorsqu'une connexion, appelée synapse, se renforce, les synapses immédiatement environnantes s'affaiblissent par suite de

l'action d'une importante protéine désignée l'Arc, cette dernière contribuant à maintenir l'équilibre des ressources synaptiques. Page 36.

(Recherche) ***Pourquoi on apprend mieux de nos succès que de nos échecs.*** Une étude du MIT nous en apprend sur la capacité du cerveau à changer par suite d'apprentissage. Par Deborah Halber, Picower Institute. *Nos cellules cérébrales apprennent d'une expérience quelconque uniquement lorsque nous réussissons dans quelque chose et non lorsque nous échouons.* Seuls les succès, et non les échecs, améliorent le traitement cérébral. Page 41.

***Recréer le cerveau humain.*** Il s'agit d'une recherche (Humain Brain Project) sur 10 ans, sélectionnée par la Commission Européenne et ayant un budget de 1,5 milliard CAN. Page 43.

(Recherche) ***Des chercheurs de l'UTSA étudient le bégaiement et développent une technologie pour améliorer les fonctions cérébrales.*** Publié le 30 mai 2018 et, par la suite, dans l'UTSA Today du 3 juin 2018. Page 45. Ajouté le 4 juin 2018.

(Recherche) ***Le Yin-Yang de la dopamine.*** Université de Californie à Berkeley, 11 décembre 2018. Jusqu'ici, on croyait que la dopamine était libérée dans le cerveau que suite à des expériences résultant en récompense (expériences positives). Or, cette recherche nous apprend que non seulement la dopamine est-elle également libérée en réaction à des expériences déplaisantes, mais que les neurones cérébraux la relâchant dans ces deux circonstances différentes (positives et déplaisantes) sont incrustés dans des sous-circuits distincts. La dopamine modifie nos circuits neuronaux et entraîne le cerveau à rechercher ce qui est plaisant et à éviter ce qui ne l'est pas. Page 47.

---

Les scientifiques ont longtemps cru que la structure du cerveau était définitivement câblée et immuable. On ne pouvait auparavant observer les activités microscopiques d'un cerveau vivant. La croyance largement répandue voulait que le cerveau soit une machine : les machines sont peut-être capables de faire bien des choses, mais pas de se modifier et de se développer.

De nouvelles recherches nous apprennent que le cerveau est plastique et capable de se modifier selon les expériences que nous vivons. Même à un âge avancé, le cerveau adulte conserve sa neuroplasticité et est capable de modifier sa structure et son fonctionnement.

*« Laurence Vaivre-Douret (2012) a recensé des travaux ayant permis de mieux comprendre le fonctionnement cérébral des enfants à haut potentiel (EHP). Selon cette auteure, il existe une plasticité cérébrale fonctionnelle individuelle. Pour les EHP, tout un champ de potentialités est lié à l'organisation de ces réseaux neuronaux et à la vitesse de conduction de l'influx nerveux. La plasticité cérébrale a, chez ces enfants, une organisation particulière. Il semblerait que les tâches cognitives activeraient des réseaux neuronaux ciblés, pour ainsi moins d'énergie dépensée et moins d'effort fourni. Olivier Revol (2012) dit qu'on peut raisonnablement parler de différence*

neurologique. Cette différence peut devenir un atout si l'enfant grandit dans de bonnes conditions psychoaffectives. »

Le texte précédent est extrait de *Les bégaiements, Interprétations, diagnostics, thérapies 160 exercices* par Françoise Estienne, Henny-Annie Bijleveld et Anna Van Hout. Elsevier Masson, éditeurs. 3<sup>e</sup> édition entièrement revue et augmentée. Pages 187-188.

En résumé (points saillants) :

- Le cerveau est plastique et capable de se modifier selon les expériences que nous vivons. Même à un âge avancé, le cerveau adulte conserve sa neuroplasticité et est capable de modifier sa structure et son fonctionnement.
- Lorsqu'une connexion, appelée synapse, se renforce, les synapses immédiatement environnantes s'affaiblissent.
- Le cerveau adulte est plus malléable qu'on le croyait. Des cellules appelées « astrocytes », qui sont essentielles au bon fonctionnement des neurones, continuent d'évoluer à l'âge adulte, contrairement à ce qu'on pensait. Par contre, dès 13 ans, le cerveau cesserait de produire les neurones de la mémoire.
- Le rétablissement du bégaiement ne mettrait pas en oeuvre la neurogenèse – formation de nouveaux neurones – mais plutôt des changements évolutifs grâce à la plasticité des circuits neuronaux. Ce genre de plasticité expliquerait également pourquoi quatre fois plus de garçons que de filles semblent bégayer.
- Pour apprendre de nouvelles choses, il faut plus que construire et renforcer des connexions neuronales. Il faut pouvoir nous débarrasser des anciennes par l'élagage synaptique. Notre cerveau possède des cellules comparables aux jardinières et aux vidangeuses de nos jardins. Les connexions synaptiques peu utilisées sont marquées par une protéine pour que les vidangeuses se collent à cette protéine et détruisent ou élaguent la synapse. Ce sont les connexions synaptiques que vous *n'utilisez pas* qui sont marquées pour le recyclage. Celles que vous utilisez seront arrosées et oxygénées. Votre cerveau a besoin d'élaguer un grand nombre de connexions afin de pouvoir instaurer des circuits mieux fuselés et plus efficaces. **Il fait cela lorsque vous dormez**, en particulier lors du sommeil paradoxal. Et plus le sommeil paradoxal sera complet, plus faible sera l'effet lié à la peur.
- Nous avons deux sous-types différents de cellules dopaminergiques : une population arbitre l'attraction (ce qui est positif/récompense) et l'autre la répulsion (ce qui est négatif/punition), et elles sont anatomiquement séparées.

Pour visionner une vidéo du Dr Daniel Amen sur le cerveau, sous-titrée en français, cliquez [ICI](#) ou

[ICI](#) pour sa présentation TED Talk.

Et maintenant, passons à chacun de ces articles.



## DE LA PLASTICITÉ CÉRÉBRALE

### IMAGINEZ-VOUS ÊTRE QUELQU'UN DE DIFFÉRENT

(De la plasticité du cerveau humain)

Par Will Storr pour Mosaic Science

Traduit par Richard Parent

*Vous savez déjà que le bégaiement met en œuvre plusieurs éléments psychocognitifs ([l'analogie avec un iceberg](#) de Joseph Sheehan et [l'Hexagone du Bégaiement](#) de John Harrison). La plus grande partie du bégaiement se passe donc dans le cerveau. Or, celui-ci est malléable. En nous aventurant hors des sentiers battus — en sortant de notre [zone de confort](#) — en tolérant de brefs moments d'embarras et par le cumul de situations de parole réussies, nous renouvelons nos circuits neuronaux et des souvenirs positifs s'instaurent en détrônant une [historicité négative](#). L'article qui suit, de Will Storr, fut publié dans le Mosaic Science du 22 novembre 2015. C'est en quelque sorte l'historique et une revue de la neuroplasticité. Très intéressant ! R.P.*



**« On a longtemps cru que nos cerveaux ne pouvaient changer. Or, nous savons aujourd'hui qu'ils le peuvent — si nous le voulons vraiment. Mais est-ce bien vrai ? Will Storr patauge allègrement entre faits et fiction pour Mosaic Science. »**

Pendant des années, elle s'efforça d'être l'épouse et la mère parfaite. Aujourd'hui divorcée, avec deux garçons, ayant traversé une autre rupture et désespérée face à l'avenir, elle a l'impression d'avoir tout raté. Et tout cela l'a épuisée. Puis le 6 juin 2007, Debbie Hampton, de Greensboro, Caroline du Nord, prit une surdose de plus de 90 comprimés — combinaison de dix prescriptions dont elle avait volé une partie sur la table de chevet d'un voisin. Cette après-midi-là, elle écrivit une note sur son ordinateur : « J'ai bousillé ma vie au point qu'il n'y a plus de place pour moi ici et je ne peux plus rien apporter. » Puis, en larmes, elle monta à l'étage, s'assit sur son

## DE LA PLASTICITÉ CÉRÉBRALE

lit, avala ses comprimés avec un Shiraz peu couteux et fit tourner un CD de la chanteuse Dido pour l'écouter en mourant. En s'étendant sur son lit, elle se sentait triomphante.

Mais elle eut la surprise de se réveiller. On l'avait trouvée, conduite de toute urgence à l'hôpital et sauvée. «J'étais furieuse» dit-elle. «J'avais tout bousillé. Et cerise sur le gâteau, je venais d'endommager mon cerveau.» Une fois sortie d'un coma d'une semaine, ses médecins lui annoncèrent leur diagnostic : encéphalopathie. «C'est un terme générique signifiant que le cerveau ne fonctionne pas correctement» dit-elle. Elle ne pouvait avaler ni contrôler sa vessie et ses mains tremblaient constamment. Elle ne pouvait, la plupart du temps, comprendre ce qu'elle disait. À peine si elle pouvait parler. «Je ne faisais qu'émettre des sons» précise-t-elle. «On aurait dit que ma bouche était pleine de cailloux. Un vrai choc; car voyez-vous, ce qui sortait de ma bouche ne reflétait aucunement ce que j'entendais dans ma tête.»

Après avoir passé quelque temps dans un centre de réhabilitation, elle commença à se rétablir lentement. Mais après une année, elle plafonna. «Mon élocution était très lente et inarticulée. Je ne pouvais me fier ni à ma mémoire ni à mon raisonnement. Je n'avais pas l'énergie de vivre une vie normale. Une bonne journée pour moi consistait à vider le lave-vaisselle.»

C'est alors qu'elle explora un nouveau traitement appelé [neurofeedback](#). Elle accepta qu'on puisse observer son cerveau alors qu'elle jouait à un jeu du genre *Pac-Man*, pendant qu'on contrôlait ses mouvements en manipulant ses ondes cérébrales. «Ma parole s'améliora en une dizaine de séances.» Mais le véritable changement pour Debbie se produisit lorsque son thérapeute en neurofeedback lui recommanda un livre : l'ouvrage à succès international, [The Brain that Changes Itself](#), traduit en français sous le titre [Les Étonnants Pouvoirs de transformation du cerveau](#), écrit par le psychothérapeute canadien Norman Doidge. «Mon Dieu!» s'exclama-t-elle. «Pour la première fois, j'appris que je pouvais guérir mon cerveau. Non seulement était-ce possible, mais il n'en dépendait que de moi.»

Après avoir lu le livre de Doidge, Debbie se mit à vivre ce qu'elle désigne une vie «cérébrale saine.» Cela comportait le yoga, la méditation, la [visualisation](#), une diète et une attitude mentale positive. Aujourd'hui, elle est copropriétaire d'un studio de yoga, a rédigé une autobiographie et un guide pour vivre une «vie cérébrale saine» et gère un site web, [thebestbrainpossible.com](#). La science de la neuroplasticité, dit-elle, lui a enseigné que **« Vous n'êtes pas limitée au cerveau avec lequel vous êtes née. Certes, vous avez hérité de certains gènes, mais ce que vous faites dans la vie change votre cerveau. Et là se trouve la baguette magique. »** La neuroplasticité, dit-elle, «vous permet de transformer votre vie et faire du bonheur une réalité. Elle vous fait passer de victime à vainqueur. On dirait un superpouvoir. Comme si vous aviez une vision de rayon X.»

Debbie n'est pas la seule à s'enthousiasmer pour la neuroplasticité, *cette capacité de notre cerveau à se transformer en réaction à ce qui se produit dans notre environnement.* Les avantages

## DE LA PLASTICITÉ CÉRÉBRALE

qu'on lui prête sont nombreux et étonnants. Une recherche d'une trentaine de minutes sur Google permettra au navigateur curieux de constater que la neuroplasticité est une découverte scientifique « magique » selon laquelle nos cerveaux ne sont pas, comme nous le pensons, définitivement câblés comme des ordinateurs; on peut les comparer à de la « pâte à modeler » ou à un « gâteau au beurre gluant. » Cela signifie que **« nos pensées peuvent changer la structure et le fonctionnement de nos cerveaux »** et, par certains exercices, augmenter physiquement « la force, la masse et la densité » de notre cerveau. La neuroplasticité est une « série de miracles se produisant dans notre crâne. » Grâce à elle, nous pouvons devenir de meilleurs vendeurs, de meilleurs athlètes et apprécier le goût du brocoli. Elle peut traiter un problème de comportement alimentaire, prévenir le cancer, réduire de 60 % notre risque de démence et nous aider à découvrir « l'essence même de la joie et de la paix intérieure. » On peut s'auto-enseigner la « capacité » du bonheur et entraîner nos cerveaux à devenir « impressionnants. » Et l'âge ne constitue pas un handicap : la neuroplasticité nous montre que « nos cerveaux sont conçus pour s'améliorer, même lorsqu'on vieillit. » Ça n'a même pas à être difficile. « Il suffit, pour accroître le pouvoir de votre cerveau, de changer votre itinéraire pour vous rendre au boulot, de faire vos emplettes dans de nouvelles boutiques ou d'utiliser votre main non dominante pour vous peigner. » Comme l'a dit la célébrité en médecine alternative, le gourou Deepak Chopra : « *La plupart des gens pensent que leur cerveau les contrôle. Nous sommes plutôt en charge de celui-ci.* »

L'histoire de Debbie est un mystère. Il est clair que les techniques lui ayant promis qu'elle pouvait modifier son cerveau en comprenant les principes de la neuroplasticité eurent d'importants effets positifs sur elle. Mais la neuroplasticité constitue-t-elle vraiment une superpuissance, comme une vision de rayon X? Peut-on vraiment accroître le poids de notre cerveau simplement par la pensée? Peut-on vraiment réduire de 60 % le risque de démence? Et apprendre à aimer le brocoli?

Certaines de ces questions peuvent paraître ridicules, d'autres non. C'est justement le problème. Il est difficile pour un esprit non scientifique de comprendre ce qu'est exactement la neuroplasticité et de saisir son véritable potentiel. « J'ai vu d'incroyables exagérations » affirme Greg Downey, anthropologue de l'Université Macquarie et coauteur du populaire blogue [Neuroanthropology](#). « Les gens sont à ce point emballés par la neuroplasticité qu'ils en viennent à croire n'importe quoi. »

### LA « SCIENCE DE L'AVENIR »

Pendant des années, on s'entendait pour dire que le cerveau humain ne pouvait générer de nouvelles cellules une fois atteint l'âge adulte. Une fois rendu adulte, on avait atteint un état de déclin neuronal. Il s'agissait d'une opinion exprimée par le soi-disant fondateur de la neuroscience moderne, Santiago Ramón y Cajal. Après un intérêt initial pour la plasticité, il est devenu sceptique, écrivant en 1928 : « Dans les centres adultes, les circuits neuronaux sont

## DE LA PLASTICITÉ CÉRÉBRALE

déterminés, arrêtés, immuables. Tout peut mourir, rien ne peut se régénérer. Il appartient à la science de l'avenir de changer, si possible, ce sévère dictat.» Cette sombre perspective de Cajal allait perdurer pendant tout le 20<sup>e</sup> siècle.

Bien que, au cours du 20<sup>e</sup> siècle, la notion voulant que le cerveau adulte puisse connaître d'importants changements positifs fût l'objet d'une attention sporadique, on l'a généralement reléguée aux oubliettes, comme le constata, en 1980, un jeune psychologue du nom de Ian Robertson. Il venait de commencer à travailler à l'Hôpital Astley Ainslie d'Edinburgh avec des personnes ayant subi des accidents vasculaires cérébraux (AVC), lorsqu'il devint perplexe par ce qu'il observait. «Je découvrais ce qui, pour moi, représentait une nouvelle discipline, la neuro-réhabilitation,» dit-il. À l'hôpital, il observa des adultes traités en ergothérapie et en physiothérapie. Cela le fit réfléchir... s'ils avaient subi un AVC, cela signifiait qu'une partie de leur cerveau était détruite. Et si une partie de leur cerveau est détruite, tout le monde sait que cela n'allait jamais revenir. Comment alors expliquer que de telles thérapies physiques à répétition puissent si souvent s'avérer utiles? Ça n'avait pas de sens. «Je réfléchissais à cela sous tous les angles; quel pouvait bien être le schéma?» se demandait-il. «Quelle était la base théorique de toute cette activité que j'observais?» Les gens qui lui répondirent étaient, selon nos standards d'aujourd'hui, pessimistes.

«Toute leur philosophie était compensatoire,» explique Robertson. «Ils croyaient que les thérapies externes ne faisaient que prévenir l'apparition d'autres effets négatifs.» À un moment donné, toujours décontenancé, il demanda un livre académique qui expliquerait comment tout cela devait fonctionner. «Il y avait bien un chapitre sur les fauteuils roulants et un autre sur les béquilles,» dit-il. «Mais il n'y avait rien, absolument rien sur cette notion voulant qu'une thérapie puisse vraiment favoriser des reconnections physiques du cerveau. Ce qui nous ramène tout droit à Cajal. Ce dernier avait réellement influencé cet état d'esprit voulant que le cerveau soit définitivement câblé, qu'on ne pouvait que perdre des neurones et que si vous aviez subi un dommage cérébral/crânien, on ne pouvait qu'aider les parties du cerveau ayant survécu à fonctionner malgré cela, et rien de plus.»

Mais le pronostic de Cajal recérait également un défi. Et il fallut attendre les années 1960 avant que la «science de l'avenir» ne s'y attaque. Deux pionniers acharnés — dont vous pouvez lire l'histoire dans le bestseller de Doidge — furent Paul Bach-y-Rita et Michael Merzenich. On connaît probablement mieux Bach-y-Rita grâce à ses travaux aidant les personnes non voyantes à «voir» d'une manière nouvelle et radicalement différente. Au lieu de recevoir par leurs yeux des informations sur le monde, il s'interrogea à savoir s'ils pouvaient les percevoir par vibrations cutanées. Ses sujets s'assirent sur une chaise, le dos en contact avec une feuille de métal. Sous cette feuille métallique se trouvaient 400 plaques qui vibraient en accord avec les mouvements d'un objet. En améliorant l'appareil de Bach-y-Rita (la version la plus récente reposant sur la langue – nous y reviendrons), des non-voyants congénitaux avaient l'impression de «voir» en

## DE LA PLASTICITÉ CÉRÉBRALE

trois dimensions. Il fallut attendre l'avènement de la technologie de l'imagerie cérébrale avant que des scientifiques observent cette incroyable hypothèse : ***que l'information semblait traitée dans le cortex visuel.*** Bien que cette hypothèse doive toujours être fermement démontrée, c'est comme si leurs cerveaux s'étaient d'eux-mêmes recâblés d'une manière radicale et pratique, ce qu'on avait longtemps cru impossible.

Pendant ce temps, à la fin des années 1960, Merzenich contribua à confirmer que le cerveau contenait des «[cartes](#)» du corps et du monde extérieur (le territoire), et que ces cartes possédaient la capacité de se modifier. Puis il mit au point l'implant cochléaire qui aide les personnes sourdes à entendre. *Cette technologie repose sur le principe de la plasticité puisque le cerveau doit s'adapter pour recevoir l'information auditive de l'implant artificiel plutôt que de la cochlée* (laquelle ne fonctionne plus chez les personnes sourdes). En 1996, Merzenich participa à la formation d'une compagnie produisant des logiciels éducatifs appelés [Fast ForWord](#) et dont l'utilité est «d'améliorer les habiletés cognitives des enfants par des exercices répétés reposant sur la plasticité en améliorant le fonctionnement cérébral,» selon leur site web. Comme l'écrit Doidge, «Dans certains cas, des individus ayant vécu toute leur vie avec des difficultés cognitives s'améliorèrent après seulement trente à soixante heures de traitement.»

Bien que cela prit plusieurs décennies, Merzenich et Bach-y-Rita collaborèrent à prouver que Cajal et le consensus scientifique étaient dans l'erreur. Le cerveau adulte est plastique. Il peut se recâbler lui-même, et parfois de façon radicale. Ce fut une surprise pour des experts comme Robertson, maintenant directeur de l'Institut de Neurosciences du Trinity College, à Dublin. «Je me revoyais donnant des cours à des étudiants à l'Université d'Edinburgh, leur transmettant de fausses informations basées sur ce dogme voulant que, une fois morte, une cellule cérébrale ne puisse se régénérer et que la plasticité ne se produisait qu'à l'enfance et non plus tard », dit-il.

Ce n'est que par la publication d'une série de fertiles études impliquant l'imagerie cérébrale que cette nouvelle vérité commença à s'implanter dans les synapses des masses. En 1995, le neuropsychologue Thomas Elbert publia ses travaux sur des violonistes, travaux qui montraient que les "cartes" de leur cerveau représentant chaque doigt de la main gauche – utilisée pour le placement des doigts – étaient plus vastes que celles des non-musiciens (et comparativement à leurs mains droites qui ne sont pas mises en œuvre dans le positionnement des doigts). *Cela démontrait que leurs cerveaux s'étaient recâblés d'eux-mêmes à la suite des très, très, très nombreuses heures de pratique.* Trois ans plus tard, une équipe américano-suédoise, dirigée par Peter Eriksson de l'Hôpital Universitaire de Sahlgrenska, publia, dans la revue scientifique *Nature*, les résultats d'une recherche qui démontrait, pour la toute première fois, que la [neurogenèse](#) – formation de nouvelles cellules cérébrales (neurones) – était possible chez les adultes. En 2006, une équipe dirigée par Eleanor Maguire, de l'Institut de Neurologie du Collège Universitaire de Londres, constata que les chauffeurs de taxi de la City affichaient, grâce à leur incroyable connaissance spatiale de ce véritable labyrinthe que constituent les rues de Londres, une plus

## DE LA PLASTICITÉ CÉRÉBRALE

grande quantité de matière grise - dans une région de l'hippocampe - que les chauffeurs d'autobus. En 2007, le livre de Doidge, *The Brain that Changes Itself*, fut publié. Dans sa critique du livre, le *New York Times* proclamait que « **le pouvoir de la pensée positive venait enfin de gagner sa crédibilité scientifique.** » Cet ouvrage s'est vendu à plus d'un million d'exemplaires dans plus d'une centaine de pays. Soudain, la neuroplasticité était partout.

### LE POUVOIR DU POSITIVISME

Il est facile et peut-être même amusant d'être cynique face à tout cela. Mais la neuroplasticité est vraiment une chose remarquable. « *Ce que nous savons, c'est que presque tout ce que nous faisons - nos comportements, nos pensées et nos émotions - modifie physiquement nos cerveaux d'une manière soutenue par des changements dans la chimie ou le fonctionnement cérébral,* » affirme Robertson. « La neuroplasticité constitue une caractéristique constante de l'essence même du comportement humain. » *Cette compréhension du pouvoir de notre cerveau,* dit-il, ouvre la voie à de nouvelles techniques pour traiter un éventail impressionnant de maladies. « Je crois qu'il n'y a virtuellement aucune maladie ni blessure pour lesquelles il n'existe pas de potentiel pour de brillantes applications de *stimulation cérébrale par le comportement*, possiblement en combinaison avec d'autres stimulations. »

Pense-t-il aussi que le pouvoir de la pensée positive a maintenant gagné en crédibilité scientifique ? « Ma réponse courte est oui, » dit-il. « **Je crois que les êtres humains ont un contrôle beaucoup plus grand sur le fonctionnement de leur cerveau que nous le pensions auparavant.** » La réponse longue est : oui, mais avec certaines mises en garde. Il y a, premièrement, l'influence de nos gènes. J'ai demandé à Robertson s'ils avaient toujours une puissante influence sur tout, de notre santé à notre personnalité. « Selon moi, une division 50-50 en termes d'influences de la nature et de l'environnement, » me répondit-il. « Mais on devra être très positifs face au 50 % de source environnementale. »

Ce qui ajoute d'autres enchevêtrements à une discussion publique déjà assez confuse de la neuroplasticité est le fait que le mot lui-même puisse signifier différentes choses. Grosso modo, avance Sarah-Jayne Blakemore, directrice adjointe de l'Institut Londonien de la Neurosciences Cognitive, cela réfère à « la capacité du cerveau de s'adapter à des stimuli environnementaux changeants. » Mais le cerveau s'adapte de diverses manières. La neuroplasticité peut prendre la forme de changements structuraux, comme lorsque les neurones sont créés ou meurent ou que des connexions synaptiques sont créées, renforcées ou réduites ! On peut aussi penser aux **réorganisations fonctionnelles** telles qu'expérimentées par les patients non-voyants de Paul Bach-y-Rita, dont les sensations cutanées motivèrent leurs cerveaux à faire usage de leurs cortex visuels, auparavant inutiles.

## DE LA PLASTICITÉ CÉRÉBRALE

Sur une échelle plus vaste, celle du développement, on distingue deux catégories de neuroplasticité. Et elles sont « vraiment différentes » affirme Blakemore. « Il est donc important de les différencier l'une de l'autre. » Tout au long de notre enfance, nos cerveaux subissent une phase de plasticité d'« expérience-attente. » Ils « s'attendent » à apprendre des choses importantes de leur environnement, à certaines étapes, par exemple apprendre à parler. Nos cerveaux continueront à se développer de cette façon jusqu'à la mi-vingtaine. « Voilà pourquoi les primes d'assurance (automobile) sont si élevées pour les moins de 25 ans » dit Robertson. « Leurs lobes frontaux n'étant pas encore totalement câblés au reste de leurs cerveaux, leur capacité à anticiper les risques et (à contrôler leur) impulsivité n'est donc pas encore à maturité. » Puis il y a la plasticité de « l'expérience dépendante. » « C'est ce que fait le cerveau chaque fois que nous apprenons quelque chose, ou chaque fois que notre environnement subit un changement, » ajoute Blakemore.

Il y eut, entre autres exagérations scientifiques, un mélange de divers types de changements. Certains rédacteurs ont été jusqu'à dire que la « neuroplasticité » se prêtait à tout, lui collant les étiquettes de révolutionnaire, magique et médiatique. Mais il n'y a rien de nouveau dans le fait, par exemple, que le cerveau soit hautement influencé, à l'enfance, par l'environnement. Dans *The Brain that Changes Itself*, Norman Doidge, observant la variété des intérêts de la sexualité humaine, désigna cette dernière « plasticité sexuelle. » La Neuroscientifique Sophie Scott, directrice adjointe de l'Institut Londonien de la Neurosciences Cognitive, est perplexe. « C'est seulement la résultante de notre développement sur notre cerveau, » précise-t-elle. Doidge va même jusqu'à utiliser la neuroplasticité pour expliquer certains changements culturels, dont l'acceptation généralisée, à l'ère moderne, de vouloir se marier pour des motifs romantiques plutôt que socioéconomiques. « Ça n'a rien à voir avec la neuroplasticité » affirme Scott.

Alors, voici la vérité sur la neuroplasticité : elle existe et elle fonctionne ; mais il ne s'agit nullement d'une découverte miraculeuse grâce à laquelle, avec un peu d'effort, vous aimerez le brocoli, deviendrez marathonien, serez immunisé contre toute maladie ou deviendrez un génie super-impressionnant. La « question primordiale » affirme Chris McManus, professeur de psychologie et d'éducation médicale au Collège Universitaire de Londres, est « Pourquoi les individus, et même les scientifiques, veulent croire à tout ça ? » S'efforçant d'en apprendre davantage sur les raisons de cet engouement pour la neuroplasticité, il en vint à la conclusion qu'il s'agissait de la plus récente version du mythe du développement personnel qui obsède, depuis plusieurs générations, la culture occidentale.

### **S'AIDER SOI-MÊME (SELF-HELP)**

« Nous, humains, entretenons toutes sortes de rêves et de fantaisies et je ne crois pas que nous soyons très habiles à les réaliser, » affirme McManus. « Mais nous aimons croire que lorsque quelqu'un ne réussit pas sa vie, il peut se transformer puis connaître le succès. N'est-ce

## DE LA PLASTICITÉ CÉRÉBRALE

pas de Samuel Smiles ? Le livre qu'il écrit, [\*Self-Help\*](#), reflète la pensée positive de l'époque victorienne. »

Samuel Smiles [Divulgateur complet : Samuel Smiles est mon arrière-arrière grand-oncle] est souvent cité comme l'inventeur du mouvement "s'aider soi-même" et son livre, tout comme celui de Doidge, aborda un élément important aux yeux de la population et s'avéra un best-seller inattendu. Le message optimiste livré par Smiles nous entretient, à la fois, du Nouveau-Monde moderne et des rêves des hommes et des femmes qui y vivaient. « Au 18<sup>e</sup> siècle, le pouvoir appartenait tout entier à l'aristocratie terrienne » affirme l'historienne Kate Williams. « Smiles écrit à l'époque de la Révolution industrielle, de l'éducation populaire et des occasions économiques qu'offrait l'Empire britannique. Pour la première fois, un homme de la classe moyenne pouvait travailler fort et bien s'en tirer. Pour réussir, ils eurent besoin d'une formidable éthique du travail, et c'est justement ce que codifia Smiles dans *Self-Help*. »

Vers la fin du 19<sup>e</sup> siècle, les penseurs américains adoptèrent cette philosophie pour refléter cette croyance nationale voulant qu'ils donnaient naissance à un Nouveau Monde. Les adhérents aux mouvements de la Nouvelle Pensée, de la Science chrétienne et de la Guérison métaphysique firent fi de presque tout ce qui parlait de dur labeur, si cher aux Britanniques, pour faire place au mouvement de la pensée positive qui, selon certains, doit sa crédibilité scientifique à la neuroplasticité. Le psychologue William James décrivit cela comme un « mouvement curatif de l'esprit, » cette « croyance intuitive dans le pouvoir salvateur de saines attitudes d'esprits et en l'efficacité conquérante du courage, de l'espoir et de la confiance, s'accompagnant d'un mépris correspondant pour le doute, la peur, l'inquiétude et tous ces états d'esprit nerveusement précautionneux. » Voilà donc cette notion américaine bien ancrée voulant que la confiance en soi et l'optimisme – les pensées elles-mêmes – puissent mener à notre salut.

Ce mythe – on peut devenir tout ce que nous voulons être et réaliser nos rêves, tant que nous croyons suffisamment en nous – se fit omniprésent dans nos romans, nos films, nos téléjournaux et jusque dans les compétitions de chants à la télé (Britain's Got Talent) mettant en vedette Simon Cowell, en plus de tous ces autres engouements imprévus, dont celui pour la neuroplasticité. La Programmation neurolinguistique (PNL) constitue une précédente incarnation de ce phénomène, d'ailleurs remarquablement similaire, puisqu'elle soutenait que des conditions psychologiques comme la dépression<sup>3</sup> n'étaient rien d'autre que des schémas appris par le cerveau et qu'on pouvait atteindre le succès et le bonheur simplement en reprogrammant tout cela. Selon McManus, cette idée s'enveloppait d'un costume plus académique sous la forme de ce qui est connu comme le Modèle normatif de la science sociale.<sup>4</sup> « C'est l'idée des années 1990

---

<sup>3</sup> ... et le bégaiement (RP)

<sup>4</sup> Standard Social Science Model.



## DE LA PLASTICITÉ CÉRÉBRALE

selon laquelle tout comportement humain est infiniment malléable et où la génétique était totalement ignorée. »

Mais les tenants de la plasticité ont une réponse toute faite à l'épineuse question des gènes et de leur grande influence sur les questions de santé, de la vie et du bien-être. Cette réponse est *l'épigénétique*. Il s'agit de cette relativement nouvelle compréhension sur la manière dont l'environnement influence la façon dont les gènes s'expriment. Deepak Chopra a affirmé que l'épigénétique nous enseigne que « peu importe la nature des gènes que nous ont transmis nos parents, tout changement dynamique à ce niveau nous donne une influence quasi illimitée sur notre destinée. »

Jonathan Mill, professeur d'épigénétique à l'Université d'Exeter, rejette ce genre de prétention en la qualifiant de "bafouillage." « Il s'agit d'une science vraiment excitante, » dit-il, « mais il est exagéré d'affirmer que ces choses vont recâbler tout votre cerveau et le fonctionnement de vos gènes. » Et il ajoute que cela ne met pas que Chopra en cause. De réputés journaux ainsi que des publications académiques spécialisées sont également, de temps à autre, coupables de prêcher ce mythe. « On a vu toutes sortes de surprenantes hypermédialisations. Les praticiens de l'épigénétique sont quelque peu décontenancés de voir qu'on l'utilise pour expliquer toutes sortes de choses sans aucune preuve directe. »

### PAS ENCORE DE SUPERPOUVOIRS

Tout comme l'épigénétique ne comble pas cette promesse de notre culture de transformation personnelle, de même pour la neuroplasticité. Même certaines des prétentions les plus crédibles, selon Robertson, sont présentement sans fondement. Prenons cette supposée réduction de 60 % du risque de démence. « Il n'existe aucune recherche scientifique ayant démontré qu'une intervention quelconque puisse réduire le risque de démence de 60 % ou, en vérité, de tout autre pourcentage, » dit-il. « Personne n'a effectué une recherche en utilisant le protocole usuel du groupe témoin afin de démontrer la présence de tout lien de cause à effet. »

En vérité, les preuves cliniques de plusieurs traitements réputés utilisant les principes de la neuroplasticité sont notablement plus ou moins convaincantes. En juin 2015, la Food and Drug Administration (FDA) permit la mise en marché de la plus récente version de l'appareil "visuel" sur la langue de Bach-y-Rita pour les non-voyants, tout en citant des études probantes. Pourtant, en 2015, une critique, par le Cochrane Review, de la thérapie par contrainte – un traitement à la fine pointe pour les évangélistes de la neuroplasticité offrant une amélioration des fonctions motrices aux personnes ayant subi un AVC – constata que « ces avantages ne réduisaient pas, de façon convaincante, le handicap. » En 2011, une méta-analyse des techniques éducatives Fast ForWord du parrain de la neuroplasticité, Michael Merzenich, décrite de façon palpitante par Doidge, ne trouva « aucune preuve » qu'il s'agissait « d'un traitement efficace contre les difficultés du langage oral et de la lecture chez les enfants. » Et cela, selon Sophie Scott, vaut

## DE LA PLASTICITÉ CÉRÉBRALE

également pour d'autres traitements. « Il y eut beaucoup d'enthousiasme pour les programmes d'entraînement du cerveau et, en réalité, d'importantes études de ces programmes tendent à démontrer leur peu d'effets » affirme-t-elle. « Ces études peuvent aussi démontrer que vous vous améliorez pour ce que vous avez beaucoup pratiqué ; mais cela ne se généralise à rien d'autre. » En novembre 2015, une équipe dirigée par Clive Ballard au Collège Royal de Londres<sup>5</sup> constata une certaine efficacité des jeux en ligne favorisant l'activité cérébrale pour aider les plus de cinquante ans à améliorer leur raisonnement, leur attention et leur mémoire.

Il est probablement compréhensible d'observer de tels niveaux d'espoir lorsque les gens prennent connaissance de véritables contes de fées de rétablissements apparemment miraculeux de dommages crâniens et qui montrent des personnes voyant de nouveau, entendant de nouveau, marchant à nouveau et ainsi de suite. Ce genre d'histoires peut donner l'impression que tout est possible. Mais ce qui est généralement décrit dans ces cas précis constitue une forme bien spécifique de neuroplasticité – la **réorganisation fonctionnelle** – qui se produit seulement en certaines circonstances. « Les limites sont en partie architecturales, » note Greg Downey. « Certaines parties du cerveau excellent à faire certaines choses, et une partie de cela résulte simplement de leur localisation. »

Une autre limitation pour l'individu désirent développer un superpouvoir est le fait, pourtant fort simple, que toute partie d'un cerveau normal soit déjà occupée. « La raison pour laquelle vous observez une réorganisation, par exemple après une amputation, c'est que vous venez tout juste de mettre au chômage une section du cortex somatosensoriel, » dit-il. Un cerveau sain n'a simplement pas un tel héritage disponible. « Parce qu'il s'habitue à ce pour quoi il est utilisé, vous ne pouvez l'entraîner à faire autre chose. Il est déjà occupé à faire quelque chose. »

L'âge représente aussi un problème. « Avec le temps, le plastique s'assèche, » dit Downey. « Vous débutez avec une grande quantité (de plasticité) et, avec le temps, l'espace disponible pour sa croissance se réduit lentement. C'est la raison pour laquelle un dommage crânien subi à 25 ans est bien différent d'un dommage crânien subi à l'âge de sept ans. La plasticité vous dit que vous partez avec un grand potentiel, mais que vous préparez un avenir qui sera de plus en plus déterminé par ce que vous aurez fait auparavant. »

Robertson nous parle de son travail avec un écrivain et historien bien connu ayant subi un AVC : « Il perdit complètement l'usage du langage expressif, » précise-t-il. « Il ne pouvait ni dire un mot ni écrire. Il suivit un nombre incroyable de thérapies et aucune quantité de stimulation n'a pu remédier à cette condition, son cerveau étant devenu hyperspécialisé et tout un circuit s'était développé pour une production des plus raffinées de la parole. » ***Malgré la forte tendance de notre culture à constamment nous motiver à le croire, le cerveau n'est pas de la pâte à modeler.***

---

<sup>5</sup> King's College London.

## DE LA PLASTICITÉ CÉRÉBRALE

« Vous ne pouvez en ouvrir de nouvelles zones, » précise McManus. « Vous ne pouvez le déployer sur différentes parties. Le cerveau n'est pas une masse de substance visqueuse. Vous ne pouvez en faire tout ce que vous aimeriez faire. »

Même les personnes dont la vie fut transformée grâce à la neuroplasticité trouvent que le changement cérébral est loin d'être facile. Prenons le rétablissement d'un AVC. « Si vous vous efforcez de retrouver l'usage d'un bras, pour devrez bouger ce bras des dizaines de milliers de fois avant que ne se forment de nouveaux circuits neuronaux pour effectuer ce mouvement, » explique Downey. « Et puis, après cela, il n'y a aucune garantie que ça fonctionnera » (ou que ça continuera à fonctionner RP). **Scott dit sensiblement la même chose relativement aux thérapies de la parole et du langage.** « Nous avons connu, il y a une cinquantaine d'années, une période de grande noirceur. Si vous aviez subi un AVC, vous n'aviez pas accès à ce genre de traitement, autre que de faire cesser les suffocations, parce qu'on avait décrété que ça ne fonctionnait pas. Mais de nos jours, il est clair que cela fonctionne et qu'il s'agit d'une phénoménale bonne chose. Mais ce n'est pas sans effort. »

Ceux qui ont "surévangélisé" des disciplines naissantes comme la neuroplasticité ou l'épigénétique ont parfois commis l'erreur de s'exprimer comme si l'influence de nos gènes n'avait plus aucune importance. Leur enthousiasme a probablement donné aux novices l'impression que l'environnement (nurture) pouvait facilement avoir le dessus sur la nature. Cette histoire attire les foules vers les journaux, les blogues et les gourous, car il s'agit d'une histoire que notre culture favorise et en laquelle nous voulons croire : qu'une transformation personnelle radicale est possible, que nous possédons le potentiel d'être qui et ce que nous voulons être, que nous pouvons trouver le bonheur, connaître le succès et le salut – tout ce dont nous avons besoin c'est de nous y efforcer, d'y mettre l'effort. Nous sommes, jusque dans nos [synapses](#), des rêveurs ; nous sommes les sujets du Grand Rêve américain.

Bien sûr, ce sont nos cerveaux malléables qui se sont modelés eux-mêmes à ces mythes. En grandissant, ces mythes optimistes de notre culture deviennent tellement incorporés dans notre sens du Soi qu'on oublie qu'il ne s'agit que de mythes. L'ironie, c'est lorsque des scientifiques décrivent avec soin des aveugles qui voient et des sourds qui entendent et que cela nous est rapporté comme miracles de la nature ; c'est la faute à notre neuroplasticité.

---

Voici la définition de Wikipédia (27/11/2015) :

La **plasticité neuronale**, **neuroplasticité** ou encore **plasticité cérébrale** sont des termes génériques qui décrivent les mécanismes par lesquels le [cerveau](#) est capable de se modifier lors des processus de [neurogenèse](#), dès la phase embryonnaire ou lors d'apprentissages. Elle s'exprime par la capacité du cerveau à créer, défaire ou réorganiser les réseaux de neurones et les connexions de ces neurones (synapses). Le cerveau est ainsi qualifié de "plastique" ou de

## DE LA PLASTICITÉ CÉRÉBRALE

"malléable". Ce phénomène intervient durant le développement embryonnaire, l'enfance, la vie adulte et les conditions pathologiques (lésions et maladies). Il est responsable de la diversité de l'organisation sophistiquée du cerveau parmi les individus (l'organisation générale étant, elle, régie par le bagage génétique de l'espèce), des mécanismes d'apprentissage et de la mémorisation chez l'enfant et l'adulte. *Ainsi, la plasticité neuronale est présente tout au long de la vie, avec un sommet d'efficacité pendant le développement à la suite de l'apprentissage, puis toujours possible, mais moins fortement, à l'âge adulte.*

La plasticité neuronale est donc, avec la [neurogenèse](#) adulte, une des découvertes récentes les plus importantes en [neurosciences](#) et montre que le *cerveau est un système dynamique, en perpétuelle reconfiguration.*

Elle est opérante avec l'expérience, dans l'apprentissage, par exemple, qui va faire des renforcements de réseaux et de connexions, mais aussi lors de lésions sur le corps ou directement dans le cerveau.

---

Voir aussi les liens suivants (tous en français) :

[http://lecerveau.mcgill.ca/flash/d/d\\_07/d\\_07\\_cl/d\\_07\\_cl\\_tra/d\\_07\\_cl\\_tra.html](http://lecerveau.mcgill.ca/flash/d/d_07/d_07_cl/d_07_cl_tra/d_07_cl_tra.html)

[http://www.scienceshumaines.com/la-plasticite-cerebrale\\_fr\\_14724.html](http://www.scienceshumaines.com/la-plasticite-cerebrale_fr_14724.html)

[VOUS POUVEZ PRODUIRE DE NOUVELLES CELLULES CÉRÉBRALES](#) (neurogenèse), TED Talk de Sandrine Thuret sous-titré en français.

**SOURCE:** Traduction de [Can you think yourself into a different person?](#) 'You may be given certain genes but what you do in your life changes your brain...' de Will Storr pour Mosaic—Nov 22, 2015. Dans Scientific Method/Science & Exploration.

Traduction de Richard Parent. Novembre 2015. Relecture, novembre 2016. 10/2017, 03/2018 ; reformatage 01/2018.

# RECHERCHE : LE CERVEAU ADULTE PLUS MALLÉABLE QU'ON LE CROYAIT

(Quotidien montréalais La Presse du 22 février 2016)

Mathieu Perreault, La Presse

Le chercheur au Centre universitaire de santé McGill, Todd Farmer, est l'auteur principal de l'étude sur le cerveau publiée vendredi (19 février 2016) dans la prestigieuse revue *Science*.

Selon une nouvelle étude montréalaise, le cerveau adulte est plus malléable qu'on le croyait. Des cellules appelées « astrocytes », qui sont essentielles au bon fonctionnement des neurones, continuent d'évoluer à l'âge adulte, contrairement à ce qu'on pensait.

« On pensait que les propriétés des astrocytes étaient immuables et ne bougeaient plus après le développement du cerveau au début de la vie », explique Todd Farmer, chercheur au Centre universitaire de santé McGill, auteur principal de cette recherche publiée dans la prestigieuse revue *Science*. « Mais on se demandait ce qui expliquait la grande diversité des astrocytes dans le cerveau. C'était l'une des grandes questions de la neurologie. *On a montré que les neurones peuvent demander aux astrocytes de changer pour répondre à des besoins spécifiques, même à l'âge adulte.* »

Dans certaines maladies neurodégénératives, dans l'épilepsie, ou après certains accidents, les astrocytes arrêtent de bien remplir leur rôle, explique M. Farmer. « Il se peut que le mécanisme de communication que nous avons découvert soit en cause. Il s'agit de protéines qui avaient été identifiées dans le cerveau en développement au début de la vie, et dans les cas de cancer. »

### D'AUTRES MÉCANISMES EN CAUSE ?

Y aurait-il des conséquences cliniques ? « Il faudra quelques années pour y arriver, mais ça nous donne potentiellement une manière de contrôler le comportement des astrocytes chez les patients atteints de maladies neurodégénératives ou d'épilepsie, dit M. Farmer. C'est une découverte fondamentale. »

Ceci dit, il est possible que d'autres mécanismes soient en cause dans la transformation des astrocytes à l'âge adulte, dit le chercheur montréalais. « C'est ce que nous allons essayer

## DE LA PLASTICITÉ CÉRÉBRALE

de détecter aussi. Il nous faut aussi voir comment le mécanisme que nous avons identifié est lié aux maladies. »

L'équipe de McGill travaille sur les astrocytes, des cellules en forme d'étoile (d'où leur nom), depuis une demi-douzaine d'années. L'étude de *Science* est basée sur des travaux effectués sur des rats de laboratoire.

Proportion des cellules du cerveau qui sont des astrocytes : 10 à 50 %

Nombre de cellules du cerveau : **130 milliards**

Nombre de maladies neurodégénératives : 600

*Sources : McGill, Commission européenne, Frontiers in Human Neurosciences*

Richard Parent, février 2016

---

*Voici un post publié le 17 juin 2016 par Laurent Lagarde dans neurosemanticsofstuttering. Ce post fait référence à une discussion sur le fait que, pour 5 PQB, 4 sont des hommes.*

J'ai récemment lu, à ce sujet, une explication sur le site web de la British Stammering Association.

« Parmi les personnes ayant sorti du bégaiement, Kell observa que des circuits de l'hémisphère gauche étaient redevenus fonctionnels. Il identifia une réparation neuronale en particulier, située dans une région connue sous le nom de Zone de Brodmann 47, ou BA47, connue pour être en relation avec divers mécanismes de la parole, dont le processus phonologique. Chez ceux ayant un bégaiement persistant/chronique, des numérisations permirent d'observer que la BA47 est une des zones qui ne s'activent pas adéquatement – mais chez les individus sortis du bégaiement (recovered stutterers) elle semble de nouveau fonctionner. « Mais je suis pas mal certain que le rétablissement ne met pas en oeuvre la neurogenèse – formation de nouveaux neurones – mais plutôt des changements évolutifs grâce à la plasticité des circuits neuronaux. »

Ce genre de plasticité peut également expliquer pourquoi quatre fois plus de garçons que de filles semblent bégayer. Soo-Eun Chang, de l'Université du Michigan, qui étudie le bégaiement chez les enfants, suggère que les cerveaux des filles jouissent probablement d'une plasticité supérieure qui favorise une meilleure adaptation. « Il y a des indications que les filles qui bégaiement jouissent d'une meilleure connectivité pour certains circuits cérébraux qui participent à la coordination des zones auditives et motrices du cerveau, ce qui les aide à mieux se rétablir du bégaiement. »

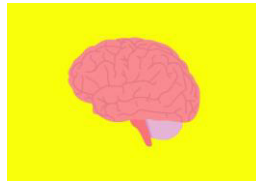
Voici le lien :

<https://www.stammering.org/speaking-out/article/science-stammering>

06/2016

# BONNE NOUVELLE : VOUS ÊTES NÉ AVEC UN MEILLEUR CERVEAU QUE VOUS LE CROYEZ

Jeffrey Kluger, Health, Brain



*Vous l'avez deviné, j'adore ce genre de découvertes.* RP

## **Vieillir ? Pas de problème !**

Si les bébés pouvaient s'exclamer de joie, ils le feraient. Nous n'avons peut-être rien à leur envier lorsqu'il s'agit de taille, de force et des bonnes manières à table; mais pour le pouvoir cérébral, oubliez ça ! Le cerveau que vous avez eu à la naissance sera le meilleur que vous aurez de toute votre vie. Cela dit, qu'en est-il de celui que vous avez en ce moment ? Eh bien, vous n'avez qu'à penser au Commodore 64 — dépourvue de fentes d'expansion.

Voilà ce qu'était la pensée conventionnelle qui, d'une certaine façon, est exacte. Justement parce que nous venons au monde en sachant très peu de choses, nos cerveaux sont câblés pour absorber beaucoup d'informations pendant notre enfance, nos premières années. Mais à un moment donné, alors que nous sommes moins habiles à acquérir de nouvelles habiletés, mais plus à même d'optimiser ce que nous savons, *l'absorption est remplacée par la consolidation*. Ce qui a toujours été nébuleux, c'est de savoir où se situe, dans le temps, ce tournant. Quand notre potentiel d'apprentissage commence-t-il à être moins performant ? Un nouvel article publié dans [Psychological Science](#) avance que cela se produit plus tard que nous le croyons.

Cette recherche fut menée par les neuroscientifiques cognitives Lisa Knoll et Delia Fuhrmann de l'University College, Londres ... (Je vous fais grâce des détails de l'échantillonnage, des groupes d'âge et de la méthodologie des tests.) Essentiellement, on fit passer deux tests aux groupes d'âge : distinction de la numérosité et raisonnement relationnel.

Ces deux casse-têtes se retrouvent habituellement dans les tests d'intelligence (IQ/QI) et, comme on pouvait s'y attendre, ils donnent du fil à retordre aux sujets — la principale raison étant l'absence d'occasions à l'extérieur d'une salle d'expérimentation pour que l'une ou l'autre de ces habiletés trouve utilisation dans le monde réel. N'empêche, la distinction de numérosité et le raisonnement relationnel sont deux piliers élémentaires de nos capacités mathématiques et logiques, et plus vous y excellez, plus cela indique une facilité générale d'apprentissage.

## DE LA PLASTICITÉ CÉRÉBRALE

Alors, comment se comparent les enfants — avec leurs cerveaux alertes — aux soi-disant cerveaux plus lents des adultes? Eh bien, pas aussi bien que cela! Dans la portion raisonnement relationnel du test, le groupe d'âge des 18-30 ans se positionna au premier rang suite aux trois tests, suivi de près par le groupe des 15/18 ans. Les mi-adolescents — 13/16 ans — trainaient « de la patte<sup>6</sup> » en troisième position, assez loin derrière, et le groupe des 11/13 ans, bons derniers. En d'autres mots, les résultats furent à l'opposé de ce à quoi on pouvait s'attendre eu égard à l'opinion traditionnelle sur la capacité d'apprentissage. Dans la distinction de numérosité, l'ordre d'arrivée fut le même, bien que les améliorations, suite aux trois tests, furent inférieures pour tous les groupes; seuls les adultes et les adolescents les plus âgés semblaient avoir bénéficié le plus des trois séances de pratique.

“Ces constatations soulignent la pertinence du stade tardif de développement pour l'éducation et remet donc en question l'hypothèse qu'il vaut mieux apprendre tôt que tard,” affirme Knoll, dans une déclaration accompagnant la publication des résultats de cette recherche.

La raison de ces découvertes fut moins une surprise que les constatations elles-mêmes. Le développement cérébral est un processus bien plus lent que nous le pensions, les neuroscientifiques sachant que c'est spécialement le cas du cortex préfrontal lequel, dans certains cas, n'est pas tout à fait câblé avant l'âge de 30 ans. Cela a ses inconvénients : le contrôle des pulsions et la réalisation des conséquences de nos actes sont des fonctions supérieures se situant dans le préfrontal, raison pour laquelle les jeunes adultes sont bien plus enclins à faire des choix dangereux — comme plonger d'une falaise ou conduire en état d'ébriété — que les adultes plus matures. Mais l'apprentissage se situe également dans le préfrontal, ce qui signifie que ce cerveau assoiffé de connaissances que vous aviez plus jeune peut subsister plus longtemps que vous le pensiez.

“La performance de tâches d'exécutions fonctionnelles subit une amélioration graduelle à l'adolescence,” écrivirent les chercheurs, “ce qui peut également contribuer à améliorer, avec l'âge, la capacité d'apprendre.”

Ultimement, notre cerveau — tout comme nos muscles, nos jointures, notre peau et toute autre partie de nos corps éminemment périssables — commencera à faiblir. La bonne nouvelle : c'est un organe plus résistant que nous le pensions; et il est disposé à apprendre plus longtemps.

**Source:** [Good News: You've Got a Better Brain Than You Think](#), paru dans Health **Brain**, par Jeffrey Kluger, @jeffreykluger 4 novembre 2016 (<http://time.com/4558388/older-learning-brain/?xid=mewsletter-brief>)

Traduction de Richard Parent, novembre 2016.

---

<sup>6</sup> Expression québécoise. RP



## Dès 13 ans, le cerveau semble cesser de produire les neurones de la mémoire.

La Presse.ca, 7 mars 2018.



***C'est dès l'âge de 13 ans que la partie du cerveau humain sollicitée pour l'apprentissage et la mémoire semble cesser de produire des cellules, selon une étude publiée mercredi (7 mars 2018).***

La découverte, qui devrait agiter le champ des neurosciences, remet en question une conception largement partagée.

Jusqu'ici, beaucoup de scientifiques estimaient que chez l'homme, la région de l'hippocampe continuait à fabriquer à un âge adulte avancé des centaines de nouveaux neurones chaque jour, de la même façon que chez d'autres mammifères.

Publiée par *Nature*, et réalisée par des chercheurs américains et espagnols, l'étude repose sur l'analyse de prélèvements dans 59 cerveaux d'enfants et d'adultes.

« Nous n'avons trouvé aucune trace de neurones jeunes ni les cellules souches qui génèrent des neurones par division » dans les hippocampes de sujets âgés de plus de 18 ans, a expliqué à l'AFP l'un des auteurs, Arturo Alvarez-Buylla (Université de Californie à San Francisco).

Ils en ont trouvé quelques-uns chez les enfants âgés de moins d'un an, et « peu à sept et treize ans », a-t-il ajouté.

Ces résultats montrent « que l'hippocampe des humains est en grande partie fabriqué lors du développement du cerveau chez le fœtus », selon les scientifiques.

## UNE MOINS BONNE NOUVELLE

Cette équipe a trouvé quelques neurones neufs dans d'autres parties du cerveau appelées ventricules, qui remplissent d'autres fonctions. Et elle souligne que « d'autres régions » restent à explorer pour déterminer si elles sont le siège d'une neurogenèse.

Dans un commentaire publié par Nature, un neuroscientifique de l'Université de Colombie-Britannique, Jason Snyder, affirme que ces conclusions « sont certaines de susciter la polémique », et méritent d'être soumises au regard critique d'autres chercheurs.

« Plusieurs études » sont à l'origine d'un « consensus selon lequel l'hippocampe est une région où la neurogenèse existe chez les humains comme chez les animaux », rappelle-t-il.

Mais pour les auteurs de cette nouvelle étude, leurs prédécesseurs pourraient s'être trompés en pensant détecter de nouveaux neurones issus de l'hippocampe. La protéine qui leur avait servi de marqueur ne fonctionne en effet pas de la même façon chez les rongeurs ou les singes que chez les humains, avancent-ils.

C'est « peut-être notre longévité » qui explique pourquoi aucun neurone ne naît pendant une aussi longue partie de notre vie, suppose M. Alvarez-Buylla.

Et l'implication, selon lui, est qu'il faut chercher chez l'animal « comment des neurones pourraient potentiellement être ajoutés aux circuits existants », ce qui sera « essentiel pour développer une réparation du cerveau ».

Source : [Dés 13 ans, le cerveau semble cesser de produire les neurones de la mémoire](#). La Presse.ca, accueil/Sciences/Médecine, 7 mars 2018.

Autre article à ce sujet : [Memory Creation Breaks Down As We Get Older](#), publié le 23 octobre 2018, communiqué de presse du Baycrest Centre for Geriatric Care.

## NOTRE CERVEAU EST MUNI D'UN BOUTON « SUPPRIMER, » VOICI COMMENT L'UTILISER

Judah Pollack et Olivia Fox Cabane

Traduit par Richard Parent

*Il s'agit de la manière fascinante par laquelle notre cerveau fait de la place afin que nous puissions instaurer de nouvelles connexions neuronales plus solides et ainsi mieux apprendre de nouvelles choses.*

Il y a un dicton en neuroscience qui dit ceci : « **Les neurones qui fusionnent se connectent.** » Cela signifie que plus vous utilisez un neuro-circuit de votre cerveau, plus solide deviendra ce circuit. C'est la raison pour laquelle, pour citer un autre dicton bien connu, « Practice makes perfect. » Plus vous vous exercez au piano, à parler une langue étrangère ou à jongler, plus les circuits neuronaux correspondants se solidifient.

Pendant des années, ce fut ainsi que nous apprenions de nouvelles choses. Mais selon de récentes découvertes, l'habilité à apprendre exige plus que de construire et de renforcer des connexions neuronales. *Encore plus importante est notre capacité à nous débarrasser des anciennes.* Nous appelons cela « élagage synaptique. » Voici comment ça fonctionne.

### VOTRE CERVEAU SE COMPARE À UN JARDIN

Imaginez que votre cerveau est un jardin ; mais au lieu d'y faire pousser des fleurs, des fruits et des légumes, vous y faites pousser des connexions synaptiques entre les neurones. Ce sont les connexions par lesquelles voyagent les neurotransmetteurs comme la dopamine, la sérotonine et autres.

Les « Cellules gliales » sont les jardinières de votre cerveau - elles agissent afin d'accélérer les signaux entre certains neurones. Mais d'autres cellules gliales sont les vidangeuses, arrachant les mauvaises herbes, tuant les insectes nuisibles et raclant les feuilles mortes. Nous appelons ces jardinières-élagueuses « cellules microgliales. » Elles élaguent vos connexions synaptiques. La question est : « **Comment savent-elles quoi élaguer ?** »

Les chercheurs commencent à peine à débroussailler ce mystère, mais ils savent déjà que les connexions synaptiques peu utilisées sont marquées par une protéine, C1q (ainsi que d'autres). Lorsque les cellules microgliales détectent ce marquage, elles se collent à la protéine et détruisent - ou élaguent - la synapse.

*Voilà comment votre cerveau fait de la place afin que vous puissiez instaurer de nouvelles connexions plus solides et accroître votre capacité d'apprentissage.*

### POURQUOI LE SOMMEIL EST SI IMPORTANT

Vous avez déjà eu l'impression que votre cerveau était plein à ras bord? Probablement lorsque vous commenciez un nouveau travail, une nouvelle tâche ou que vous vous concentriez totalement sur un projet. C'est parce que vous ne dormez pas assez, même si vous emmagasinez constamment de nouvelles informations. En un certain sens, votre cerveau *déborde !*

Lorsque vous apprenez un tas de nouvelles choses, votre cerveau construit des connexions, connexions encore inefficaces et ponctuelles (ad hoc). Votre cerveau a besoin d'élaguer un grand nombre de connexions afin de pouvoir instaurer des circuits mieux fuselés et plus efficaces. Or, il **fait cela quand vous dormez.**

Quand vous dormez, votre cerveau se nettoie — vos cellules cérébrales se rétrécissant jusqu'à 60 % pour faire de la place aux jardinières gliales qui débarquent et vous débarrassent des déchets et élaguent les synapses.

Vous est-il déjà arrivé de vous réveiller après une bonne nuit de sommeil et de pouvoir réfléchir clairement et rapidement? C'est que tout cet élagage et l'instauration de circuits plus efficaces qui se sont exécutés pendant la nuit ont fait beaucoup de place afin que vous puissiez acquérir et synthétiser de nouvelles informations - en d'autres mots, pour apprendre.

*C'est aussi la raison pour laquelle les siestes sont si bénéfiques à votre capacité cognitive. Une sieste de 10 à 20 minutes donne la chance à vos jardinières microgliales de débarquer, de supprimer des connexions inutilisées et de faire suffisamment de place pour que de nouvelles connexions s'instaurent.*

Réfléchir avec un cerveau qui manque de sommeil c'est comme se faire un chemin à la machette en pleine jungle équatoriale. C'est très dense, on avance lentement et c'est exténuant. Les branches se chevauchent et empêchent la lumière de passer. Réfléchir avec un cerveau bien reposé, c'est comme marcher joyeusement dans Central Park; les sentiers sont clairs et se croisent à des endroits précis, les arbres ont leur place et vous pouvez voir loin devant vous. C'est vivifiant.

### CONCENTREZ-VOUS (avec [pleine conscience](#)) SUR CE QUI VOUS ACCAPARE

En fait, *vous avez un certain contrôle* sur ce que votre cerveau décide de supprimer quand vous dormez. Ce sont les connexions synaptiques que vous *n'utilisez pas* qui sont marquées pour le recyclage. Celles que vous utilisez seront arrosées et oxygénées. **Vous avez donc intérêt à pratiquer la pleine conscience à ce qui occupe vos pensées.**

Si vous passez trop de temps à lire des théories sur la fin de *Game of Thrones* et très peu sur votre travail, devinez quelles seront les synapses qui seront marquées pour recyclage ?

## COMMENT SE NETTOIE NOTRE CERVEAU

Si vous êtes en conflit avec quelqu'un au travail et que vous gaspillez votre temps à savoir comment vous venger au lieu de penser à l'important projet sur lequel vous travaillez, vous allez vous retrouver avec une synapse superstar pour des complots revanchards, mais un esprit peu innovateur.

*Pour bénéficier du système naturel de jardinage de votre cerveau, vous n'avez qu'à penser à ces choses qui vous sont importantes.* Vos jardinières sauront renforcer ces connexions et élaguer celles qui vous intéressent moins. C'est ainsi que vous aidez le jardin de votre cerveau à fleurir (à s'épanouir).

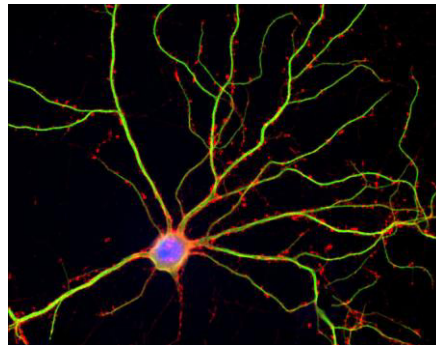
Judah Pollack est coauteure de [The Chaos Imperative](#), et Olivia Fox Cabane est auteure de [The Charisma Myth](#).

**Source:** [Your Brain Has A "Delete" Button—Here's How To Use It](#). Par les auteures susmentionnées. Publié dans Fastcompany.

## LE CERVEAU PROFITE DU SOMMEIL PARADOXAL POUR SE DÉFAIRE DE CONNEXIONS INUTILES

Le sommeil paradoxal est essentiel pour le développement du cerveau et la consolidation de la mémoire

Roheeni Saxena, 24 janvier 2017



**Une cellule nerveuse dont la présence de dendrites est surlignée en rouge.**

Le sommeil paradoxal<sup>7</sup> est connu pour favoriser la solidification des souvenirs (mémoire); mais nous ne comprenons pas encore très bien le mécanisme qui rend les souvenirs permanents. Une recherche récemment publiée dans *Nature Neuroscience* nous apprend que, pendant le sommeil paradoxal, certaines des structures qu'utilisent les neurones pour établir des connexions entre eux sont élaguées<sup>8</sup>, alors que d'autres sont maintenues et renforcées. Ces observations indiquent que le rôle du sommeil dans la consolidation des [souvenirs](#) découle de ce que le sommeil donne au cerveau le temps d'éliminer ou de maintenir, de façon sélective, des connexions neuronales nouvellement formées.

---

<sup>7</sup> Le **sommeil paradoxal** fait suite au sommeil lent ("sommeil à ondes lentes" désignant les stades 3 et 4 du sommeil), et constitue le cinquième et dernier stade d'un cycle du sommeil. Une « nuit » comprend de 3 à 6 cycles successifs d'une durée chacun de 90 à 120 minutes. Chez une personne normale, la durée du sommeil paradoxal occupe environ 25 % de la durée d'une nuit, et s'accroît à chaque cycle jusqu'au réveil. *C'est la phase du sommeil au cours de laquelle les rêves dont on se souvient se produisent.* Il se caractérise par des mouvements oculaires rapides, d'où le nom anglais de REM pour rapid-eye-movement, une atonie musculaire, une respiration et un rythme cardiaque irréguliers, une température corporelle dérégulée. On observe une dilatation des organes pelviens et une érection qui, chez l'homme, peut être suivie d'éjaculation. L'activité électrique du cerveau est proche de celle de l'éveil, comme le montre le tracé électroencéphalographique. On l'observe non seulement chez l'être humain mais aussi chez la plupart des mammifères placentaires et les oiseaux. Son déclenchement peut être observé par le placement d'électrodes au niveau du pont, du corps géniculé et du cortex visuel (parfois appelé cortex occipital).

<sup>8</sup> Voir également à ce sujet l'article précédent, « *Notre cerveau est muni d'un bouton « supprimer » ; voici comment l'utiliser.* »

## LE SOMMEIL PARADOXAL NETTOIE LE CERVEAU DE CONNEXIONS INUTILES

Les épines dendritiques<sup>9</sup> sont des excroissances de la membrane des dendrites des neurones recevant les signaux chimiques d'autres neurones. Ces épines augmentent la puissance des connexions entre les neurones afin qu'elles occupent un rôle important dans le renforcement de nouveaux circuits neuronaux et dans la consolidation de nouveaux souvenirs (ou mémoires). Ces épines ne sont pas des structures permanentes; en effet, des cellules nerveuses peuvent en créer de nouvelles ou se débarrasser d'anciennes (processus désigné « élagage ») au fur et à mesure que varie l'importance de diverses connexions.

Les nouveaux souvenirs, dans cette recherche, se formèrent chez des souris entraînées à accomplir une tâche motrice sur un genre de tapis roulant. Puis on a privé ces souris - ou on leur a permis d'en profiter - du sommeil paradoxal. Les souris ayant profité du sommeil paradoxal démontraient un élagage bien plus important de nouvelles épines dendritiques que celles qui en furent privées. Cette différence d'élagage fut seulement observée pour les nouvelles épines dendritiques, et les épines dendritiques qui existaient déjà furent élaguées au même rythme.

Les chercheurs examinèrent également l'influence du sommeil paradoxal sur l'élagage d'épines dendritiques à différentes étapes de la vie des souris. Ils constatèrent que l'élagage neuronal se produisait quand les souris étaient dans un sommeil paradoxal pendant leur développement (l'équivalent de leur adolescence) et se produisait également quand elles dormaient du sommeil paradoxal à un âge plus avancé après avoir appris de nouvelles tâches motrices. *Le sommeil paradoxal augmentait la taille des épines qui étaient conservées, à la fois pendant le développement et après l'apprentissage de tâches motrices — ces nouvelles épines non élaguées étaient renforcées, consolidant ainsi le circuit neuronal en développement.*

En d'autres mots, pendant le sommeil paradoxal, le cerveau choisit quelles portions d'un nouveau circuit neuronal il désire éliminer et les portions qu'il désire renforcer et améliorer pour usage futur.

Puis les chercheurs se sont tournés vers le rôle que les canaux de calcium, qui laissent circuler les ions de calcium dans les membranes, pouvaient bien tenir dans ces décisions, étant donné que les fluctuations des niveaux de calcium dans les cellules constituent une partie normale de l'activité cérébrale. Ils constatèrent que de soudains changements de la quantité de calcium observée pendant le sommeil paradoxal s'avéraient essentiels dans l'élagage et le renforcement sélectifs. Lorsque ces canaux de calcium étaient bloqués, les changements dans les épines dendritiques préalablement observés ne se produisaient plus.

---

<sup>9</sup> Une **épine dendritique** est une excroissance de la membrane des dendrites des neurones et dont le volume est en moyenne d'environ  $0,05 \mu\text{m}^3$ . Les épines dendritiques reçoivent les contacts synaptiques des axones des neurones présynaptiques.

Trop peu de sommeil paradoxal pendant le développement est reconnu comme néfaste pour la maturation cérébrale et cette recherche nous fournit de nouvelles informations sur certains mécanismes intervenant dans ce processus. Sans un sommeil paradoxal suffisant pendant leur croissance, les cerveaux juvéniles et adolescents pourraient ne pas pouvoir ajuster les connexions entre leurs neurones pour pleinement profiter de ce qu'ils ont appris<sup>10</sup>. De même, ***le sommeil paradoxal est reconnu pour favoriser l'acquisition de connaissances pendant toutes les étapes du développement, y compris à l'âge adulte.*** Dans les deux cas, une insuffisance de sommeil paradoxal empêche le cerveau d'éliminer les épines inutiles générées pendant l'apprentissage et nuit au renforcement de nouvelles épines essentielles qui font que des tâches nouvellement apprises s'instaureront.

Roheeni Saxena est correspondante scientifique écrivant pour Ars Technica. Elle détient un MPH (Master of Public Health) de Columbia, où elle travaille comme directrice adjointe des programmes éducatifs. Elle a également travaillé comme chercheuse sur le banc pour la Harvard Medical School et le NIMH (National Institute for Mental Health). Elle poursuit présentement un doctorat en santé et neurotoxicologie de l'environnement à Columbia.

**Source :** Traduction de [The brain uses REM sleep to cut unneeded connections](#) ; REM sleep critical for brain development and memory consolidation. Par Roheeni Saxena. Publié le 24 janvier 2017 dans Ars Technica, scientific method. *Nature Neuroscience*, 2017.

---

<sup>10</sup> Cela explique peut-être en partie la raison pour laquelle les adolescents dorment si longtemps. RP



## POURQUOI LE SOMMEIL EST IMPORTANT POUR VOTRE SANTÉ

Par Amanda MacMillan

27 octobre 2017, *TIME Health*

Depuis des années, les médecins lancent un cri d'alarme voulant que les Américains ne dorment pas suffisamment, ce qui peut se répercuter sur leur santé, que ce soit en conduisant avec somnolence ou une plus grande irritabilité jusqu'au risque accru de démence, de conditions cardiaques ou de décès prématuré. Maintenant, une récente recherche suggère qu'un type précis de sommeil s'avère spécialement important pour la façon dont notre cerveau réagit à des situations stressantes.

Cette recherche, [publiée dans le \*Journal of Neuroscience\*](#), constata que les individus qui passent plus de temps dans le sommeil paradoxal<sup>11</sup> — le stade pendant lequel se produisent les rêves — démontraient une moindre activité cérébrale liée à la peur lorsqu'on leur administrait, le lendemain, de légères décharges électriques. Ces constatations suggèrent que le fait d'avoir suffisamment de sommeil paradoxal avant d'affronter des situations craintes peut, avancent les auteurs, rendre une personne moins sujette à développer [un trouble de stress post-traumatique \(TSPT\)](#).

Cette étude n'est pas la première à soutenir que le sommeil paradoxal produit de singuliers bénéfices. Certains experts croient même que c'est le manque de sommeil paradoxal et de rêves — plutôt que simplement un sommeil non réparateur — qui est responsable de plusieurs des problèmes de santé dont souffrent l'Américain moyen d'aujourd'hui. Voici ce que les scientifiques savent jusqu'à ce jour — et ce qu'ils soupçonnent — au sujet du sommeil paradoxal, les rêves et ce qui se produit lorsque les gens sont privés des deux.

### Que se produit-il pendant le sommeil paradoxal ?

Le sommeil se compose de cinq stades distincts que traversent, plusieurs fois pendant la nuit, le cerveau et le corps. Les quatre premiers stades mettent en œuvre une transition du sommeil peu profond vers le sommeil profond alors que le cinquième stade, le sommeil paradoxal, met en œuvre une activité cérébrale accrue et les rêves dont on se souvient.

Les stades de sommeil paradoxal tendent à être de courte durée pendant le premiers deux tiers de la nuit alors que le corps priorise le sommeil profond, à ondes lentes. Et parce que de plus longues périodes de sommeil paradoxal se produisent seulement pendant les dernières heures du sommeil (pour la plupart des gens, tôt le matin), il peut être raccourci lorsque vous ne dormez pas de sept à huit par nuit, affirme le psychologue Rubin Naiman, spécialiste du sommeil et du

---

<sup>11</sup> En anglais, le REM pour rapid-eye-movement. Voir page 28 pour une définition plus détaillée.

rêve du Center for Integrative Medicine de l'Université de l'Arizona, et auteur d'une [récente révision](#) des publications sur le rêve publiée dans les *Annals of the New York Academy of Sciences*.

*Pendant le sommeil paradoxal, il y a un surcroît d'activités dans les régions cérébrales de la vision, de la motricité, émotionnelle et de la mémoire autobiographique, affirme Matthew Walker, professeur de psychologie à l'Université de Californie à Berkeley, et auteur du nouveau livre, [Why We Sleep](#). Mais il y a également une moindre activité dans d'autres régions cérébrales, telles que celle qui est mise en œuvre dans la pensée rationnelle — d'où la raison pour les rêves extrêmement lucides, mais souvent [incompréhensibles](#). (Les rêves dont vous vous souvenez à votre réveil ne se produisent que durant le sommeil paradoxal, précise Walker; en vérité, le cerveau est très actif pendant tout ce stade.)*

### Que se produit-il lorsque vous rêvez ?

Les scientifiques sont divisés à savoir si les rêves sont simplement le produit de neurones qui s'activent aléatoirement pendant le sommeil ou s'il y a quelque chose de plus — comme une [décharge de données](#) qui aide le cerveau à séparer les souvenirs importants de ceux qui ne le sont pas, ou une manière de préparer les individus à [affronter des défis](#) tout en repassant différents scénarios dans leurs têtes.

Naiman décrit le cerveau pendant le sommeil paradoxal comme une sorte de «second intestin» qui digère toute l'information reçue pendant la journée. «*Tout ce que nous voyons, chaque conversation que nous avons est mâchée, avalée et filtrée alors que nous rêvons, pour être ensuite supprimés ou assimilés,*» dit-il.

### Quels sont les avantages du sommeil paradoxal pour la santé ?

Plusieurs recherches entreprises au cours des dernières années suggèrent que *le sommeil paradoxal affecte l'acuité avec laquelle les individus vivront les émotions et traiteront les stimuli externes*. Les recherches de Walker ont, par exemple, démontré que les individus qui atteignaient le sommeil paradoxal pendant une sieste étaient plus habiles à [juger des expressions faciales](#) que ceux qui ont fait une sieste sans toutefois atteindre le sommeil paradoxal.

Walker et ses collègues observèrent également que les individus qui voient des images émotive avant d'avoir une bonne nuit de sommeil seront moins susceptibles de subir de [fortes réactions](#) aux mêmes images le jour suivant, comparativement à ceux qui n'ont pas bien dormi. «Je considère le rêve comme une thérapie nocturne,» dit Walker. «Le rêve fournit un baume nocturne réconfortant qui nettoie les côtés trop tranchants de nos expériences émotive, de telle sorte que nous nous sentons mieux le lendemain.»

S'ajoute à cette recherche, la recherche la plus récente — celle de chercheurs de la Rutgers University — qui avance que la qualité du sommeil d'une personne avant un événement traumatisant puisse jouer un rôle sur la façon dont réagira le cerveau face à un tel événement. «*Plus le sommeil paradoxal sera complet, plus faible sera l'effet lié à la peur,*» écrivirent les auteurs dans leur rapport.

Les chercheurs ne sont pas convaincus de la raison pour laquelle cela se produit. Mais la partie du cerveau qui sécrète la noradrénaline (ou norépinéphrine), pendant l'éveil et le sommeil autre que paradoxal, prend une pause pendant le sommeil paradoxal. «La noradrénaline est associée au stress et elle influence le degré auquel l'amygdale — le centre cérébral de la peur — sera sensible aux stimuli,» affirme Itamar Lerner, coauteur du nouveau rapport et chercheur postdoctoral sur le sommeil à la Rutgers University.

**PLUS :** [How Dream Therapy Can Change Your Life.](#)

Une théorie, connue sous le nom d'hypothèse de calibration du sommeil paradoxal, avance que la noradrénaline s'accroît pendant la journée pour ensuite revenir à son niveau normal pendant le sommeil paradoxal. «*Lorsque cela se produit, nous croyons que l'amygdale peut devenir moins réactive aux stimuli, et donc moins susceptible de réagir de façon excessive à quelque chose qui ne devrait vraiment pas être craint,*» affirme Lerner.

D'autres recherches ont suggéré que le sommeil paradoxal puisse être important pour d'autres motifs, mais il y a moins de preuves corroborantes d'avantages directs du sommeil paradoxal dans ces sphères. Dans sa récente révision, Naiman écrit que le rêve a des effets sur la mémoire et l'humeur, et cite des recherches liant un sommeil paradoxal insuffisant à des conditions telles que [l'Alzheimer](#) et la [dépression](#). (Il convient de noter ici que ces recherches démontrent seulement des associations — et non pas si un problème cause ou contribue ou non à l'autre.)

Walker croit également que les rêves et le sommeil paradoxal sont bénéfiques — mais il ajoute que ce n'est pas le seul stade du sommeil qui soit important. En fait, dit-il, une solide preuve suggère que le sommeil à ondes lentes et non paradoxal «semble toujours être porteur de la plupart des avantages pour la santé,» y compris pour la régulation du flot sanguin et des niveaux de glucose dans le sang, ainsi que pour nettoyer le cerveau de la plaque liée à l'Alzheimer. «Le sommeil paradoxal peut revêtir une fonction qui lui est propre<sup>12</sup>, mais la plupart des recherches continuent à se concentrer sur les avantages réparateurs et très importants des autres stades du sommeil,» dit-il.

---

<sup>12</sup> Voir l'article précédent.

### Comment obtenir davantage de sommeil paradoxal

Si vous vous réveillez chaque matin avec de vifs souvenirs des rêves que vous avez faits pendant la nuit, il y a de fortes chances que vous ayez eu un sommeil paradoxal réparateur, affirme Walker. Mais ceci étant dit, il n'existe pas de méthode facile pour contrôler vos niveaux de sommeil paradoxal. La plupart des détecteurs de sommeil vendus sur le marché ne sont pas des juges fiables, ajoute Lerner, pas plus que le fait de vous lever frais et dispo le matin ne l'est.

« Pour la plupart des gens, le sommeil paradoxal occupe de 20 % à 25 % du temps qu'ils passent à dormir, » précise la coauteure de Lerner et assistante chercheuse, Shira Lupkin. « Donc, pour le moment, la seule manière de vous recommander d'avoir un meilleur sommeil paradoxal est de simplement dormir davantage. »

Il y a cependant certains coupables qui perturbent les schèmes normaux du sommeil et qui réduisent le temps du sommeil paradoxal. L'apnée du sommeil en est un très important, une condition qui entrave la respiration nocturne et force les gens à se réveiller plusieurs fois pendant la nuit. « Chercher de l'aide pour un trouble du sommeil, comme la machine CPAP pour l'apnée du sommeil, peut contribuer à élever l'efficacité du sommeil paradoxal à des niveaux relativement normaux, » ajoute Lerner.

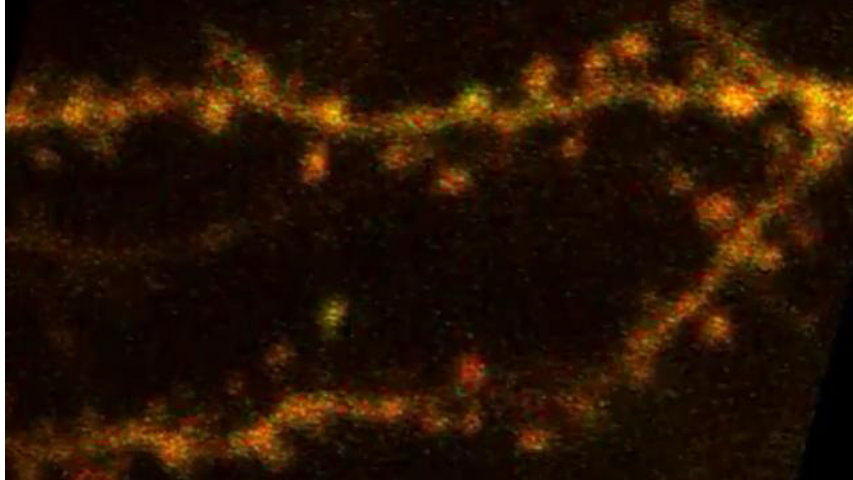
D'autres aspects de la vie moderne — dont l'alcool, les médicaments, la nicotine, l'utilisation de lumière artificielle la nuit et la dépendance envers les réveils matin — perturbent tout autant le sommeil paradoxal, écrit Naiman dans son rapport. « Être réveillé de façon routinière par un réveille-matin rompt, de façon répétitive, nos périodes les plus longues de rêves et de sommeil paradoxal », écrit-il. « Imaginez qu'on vous évacue d'un cinéma où vous regardiez un film alors que celui-ci approchait de sa conclusion. »

Pour [mieux dormir](#), vous devriez dormir dans une chambre fraîche, obscure et [aller au lit à la même heure](#) tous les soirs, ajoute Walker. Pratiquer d'autres aspects d'une bonne hygiène du sommeil — comme éteindre vos appareils électroniques et ne pas boire un dernier verre d'alcool — peut également améliorer votre sommeil — et peut-être même vos rêves.

**SOURCE** : Traduction de [Why Dreaming May Be Important for Your Health](#), par Amanda MacMillan, 27 octobre 2017, *TIME Health*

Traduction de Richard Parent, août 2018. Corrigé par Antidote.

## DES SCIENTIFIQUES DÉCOUVRENT UNE RÈGLE FONDAMENTALE DE LA PLASTICITÉ CÉRÉBRALE



*Courtoisie de Picower Institute for Learning and Memory, MIT, You Tube*

Nous cerveaux sont, c'est bien connu, flexibles ou « plastiques », les neurones pouvant faire de nouvelles choses en forgeant de nouvelles et plus fortes connexions avec d'autres neurones. Mais lorsque certaines connexions se renforcent, résonnèrent les neuroscientifiques, les neurones doivent compenser, sinon ils deviendront vite submergés de données. Dans une nouvelle étude publiée dans Science, les chercheurs de la Picower Institute for Learning and Memory du MIT démontrent, pour la première fois, comment s'instaure cet équilibre : *lorsqu'une connexion, appelée synapse, se renforce, les synapses immédiatement environnantes s'affaiblissent par suite de l'action d'une importante protéine désignée l'Arc*<sup>13</sup>.

L'auteur principal, Mriganka Sur, a avoué être étonné, mais non surpris que son équipe ait découvert une règle simple et fondamentale au centre d'un système aussi complexe que le cerveau, où 100 milliards de neurones ont, chacune, des milliers de synapses se modifiant sans cesse. Il compare cela avec la manière dont un énorme banc de poissons change soudain de direction pourvu que le poisson de tête tourne et que chacun des autres poissons obéit à la simple règle de suivre le poisson qui est juste devant lui.

« Les comportements collectifs de systèmes complexes ont toujours des règles simples » précise Sur, Paul E. et Lilah Newton, professeure de neuroscience au Picower Institute et au Département des sciences du cerveau et cognitives du MIT. « Lorsqu'une synapse prend de la

---

<sup>13</sup> Nom anglais ARC, pour Activity-Regulated cytoskeleton-associated protein. En français : Protéine associée au cytosquelette régulée par l'activité. Wikipedia.

force, il y a, dans un rayon de 50 micromètres, une réduction de la force des autres synapses par un mécanisme moléculaire bien défini.»

Ces révélations, dit-il, expliquent comment le renforcement et l'affaiblissement synaptiques s'associent dans les neurones pour produire la plasticité.

### De multiples manipulations

Bien que la règle qu'ils découvrirent soit simple, il en est autrement des expérimentations qui la révélèrent. Alors qu'ils travaillaient à activer la plasticité dans le cortex visuel de souris et à suivre à la trace la transformation des synapses pour que cela se produise, les principaux auteurs, Sami El-Boustani et Jacques Pak Kan Ip, chercheurs du deuxième cycle dans le laboratoire de Sur, ont accompli plusieurs premières.

Dans une expérimentation-clé, ils invoquèrent la plasticité en modifiant le « champ réceptif<sup>14</sup> » d'un neurone ou la plaque du champ visuel auquel il réagit. Les neurones reçoivent des informations de synapses situées sur de petites épines de leurs dendrites<sup>15</sup> et ayant la forme d'une branche. Pour changer le champ réceptif d'un neurone, les scientifiques localisèrent l'épine dendritique exacte sur la dendrite correspondante du neurone, puis surveillèrent de près les changements dans ses synapses alors qu'ils montrèrent à la souris une cible à un endroit particulier de l'écran qui différait du champ réceptif original du neurone. Lorsque la cible se situait dans la position du nouveau champ réceptif qu'ils désiraient provoquer, ils renforcèrent (ou conditionnèrent) la réaction du neurone en allumant une lumière bleue dans le cortex visuel de la souris, provoquant une activité additionnelle tout comme l'aurait fait un autre neurone. Le neurone avait été génétiquement modifié pour s'activer à la vue de flash lumineux, technique désignée « optogénétique. »

(Pour voir la vidéo au centre de l'article, cliquez [ICI](#).) Sous cette vidéo, on y lit le texte suivant :

*Les épines répondent aux scènes : l'imagerie à deux photons d'une portion de dendrite et ses épines dans le cerveau intact d'une souris en mouvement. Une protéine rouge fluorescente est utilisée pour visualiser la structure de la dendrite, alors que l'activité du calcium dans les épines dendritiques individuelles est surveillée avec un indicateur de couleur verte. On peut observer des*

---

<sup>14</sup> Le **champ réceptif** d'un neurone sensoriel individuel est la région particulière de l'espace sensoriel (par exemple, la surface du corps, ou le champ visuel) dans lequel un stimulus va modifier le déclenchement de ce neurone.

<sup>15</sup> Les **dendrites** sont des prolongements du **corps cellulaire** des **neurones** dont elles partagent les **organites** (à l'exception du **noyau** et des **lysosomes**). Ces dendrites peuvent se diviser par dichotomies successives, s'affinant ainsi de leur origine trapue vers la périphérie, ce qui leur confère un aspect arborescent. Elles peuvent également apparaître soit lisses soit couvertes de courtes excroissances, allongées ou pédiculées, appelées **épines dendritiques** (1 à 2 microns). Les dendrites, en particulier les **épines dendritiques**, reçoivent des afférences d'autres neurones au niveau des **synapses** dont elles constituent l'élément post-synaptique (séparé par la fente synaptique de renflements terminaux des neurones afférents).

## ON DÉCOUVRE UNE RÈGLE FONDAMENTALE DE LA PLASTICITÉ CÉRÉBRALE

*signaux à la grandeur de la branche et spécifiques aux épines en réaction au stimulus visuel. (Du laboratoire de Mriganka Sur au Picower Institute for Learning and Memory du MIT.)*

Les chercheurs répétèrent cela maintes et maintes fois. Parce que la stimulation lumineuse se corrélait avec chaque apparition, dans le champ visuel de la souris, de la cible dans la nouvelle position, cela amena le neurone à renforcer une synapse déterminée sur l'épine dendritique, codant ainsi le nouveau champ réceptif.

«Je trouve pour le moins stupéfiant de pouvoir reprogrammer des neurones individuels dans un cerveau intact et d'observer dans le tissu vivant la diversité des mécanismes moléculaires permettant à ces cellules d'intégrer de nouvelles fonctions par la plasticité synaptique,» ajoute El-Boustani.

Comme les synapses du nouveau champ réceptif prenaient de l'ampleur, les chercheurs pouvaient voir, sous le microscope à deux photons, que les synapses environnantes rétrécissaient. Ils n'ont pas observé de tels changements chez les neurones de contrôle expérimentaux n'ayant pas reçu de stimulation optogénétique.

Mais ils allèrent encore plus loin pour confirmer leurs découvertes. Les synapses étant tellement petites, elles sont tout près de la limite de la résolution en microscopie lumineuse. Ainsi, après les expérimentations, l'équipe disséqua les tissus cérébraux contenant les dendrites des neurones manipulés et de contrôle et les expédia aux coauteurs à l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne en Suisse. Ces derniers firent une imagerie au microscope électronique spécialisé, de haute résolution et en 3D, confirmant la véracité des différences structurelles observées sous le microscope à deux photons.

«C'est la plus longue suite de dendrite à n'avoir jamais été reconstruite après avoir été observée in vivo,» ajouta Sur, qui dirige également le Simons Center for the Social Brain au MIT<sup>16</sup>.

Bien sûr, reprogrammer un neurone génétiquement conçu d'une souris avec des flashes lumineux est loin d'être naturel, raison pour laquelle l'équipe se livra à une autre expérimentation, cette fois plus classique, de «privation monoculaire» par laquelle ils fermèrent temporairement un œil d'une souris. Une fois l'œil fermé, les synapses dans les neurones liés à cet œil fermé s'affaiblirent, alors que les synapses reliées à l'œil toujours ouvert se renforcèrent. Puis lorsqu'ils réouvrirent l'œil qui avait été fermé, les synapses se réorganisèrent une fois de plus. Ils ont également suivi cette action à la trace et constatèrent qu'alors que des synapses se renforçaient, leurs voisines immédiates s'affaiblissaient pour compenser.

---

<sup>16</sup> Massachusetts Institute of Technology, situé à Cambridge, à quelques stations de métro de Harvard, en banlieue de Boston.

## Résoudre le mystère de l'Arc

Ayant observé la nouvelle règle en action, les chercheurs avaient hâte de comprendre comment les neurones y obéissaient. Ils utilisèrent un marqueur chimique pour observer comment des récepteurs-clés «AMPA» changeaient dans les synapses et virent que la croissance et le renforcement étaient corrélés à un plus grand nombre d'expressions du récepteur AMPA alors que le rétrécissement et l'affaiblissement étaient directement liés à une moindre expression du récepteur AMPA.

La protéine Arc régulant l'expression du récepteur AMPA, l'équipe réalisa devoir suivre à la trace l'Arc afin de bien comprendre ce qui se produisait. Le problème, selon Sur, c'est que personne n'avait jamais fait cela auparavant sur le cerveau d'un animal vivant et en mouvement. C'est ainsi que l'équipe se tourna vers d'autres coauteurs de la Kyoto University Graduate School of Medicine et de l'Université de Tokyo qui inventèrent un marqueur chimique pouvant le faire.

Utilisant le marqueur, l'équipe pouvait observer que les synapses qui se renforçaient étaient entourées de synapses affaiblies qui avaient une expression Arc enrichie. Les synapses avec moins d'Arc étaient à même d'exprimer davantage de récepteurs AMPA alors qu'un plus grand nombre d'Arc dans les épines dendritiques environnantes amenaient ces synapses à exprimer moins de récepteurs AMPA.

«*Nous pensons que l'Arc maintient un équilibre des ressources synaptiques,*» précise Ip. «Si quelque chose monte, quelque chose doit descendre. C'est le rôle principal de l'Arc.»

Sur ajoute que leur recherche avait ainsi résolu un mystère de l'Arc : personne n'avait encore compris pourquoi l'Arc semblait régulée à la hausse dans les dendrites entreprenant une plasticité synaptique, même en sachant que cela affaiblissait les autres synapses; mais maintenant la réponse était limpide : *le renforcement des synapses renforce la position de l'Arc pour affaiblir leurs voisines.*

Sur ajouta que la règle contribue à expliquer comment l'apprentissage et la mémoire peuvent travailler au niveau du neurone individuel, car cela nous montre comment s'ajuste un neurone à la stimulation répétée d'un autre.

Ania Majewska, professeure associée de neuroscience du Centre des sciences visuelles de l'Université de Rochester, affirma que les méthodes avancées de cette recherche permirent à l'équipe d'atteindre un important ensemble de nouveaux résultats.

«À cause de la difficulté à surveiller et à manipuler les infimes et nombreuses synapses qui connectent les neurones entre eux, la plupart des recherches furent entreprises avec des préparations insuffisantes et des stimulus artificiels qui ne pouvaient clairement expliquer comment les mécanismes identifiés étaient mis en œuvre dans les circuits compliqués qui



## ON DÉCOUVRE UNE RÈGLE FONDAMENTALE DE LA PLASTICITÉ CÉRÉBRALE

fonctionnent dans un cerveau réagissant à son environnement, » a dit Majewska. « Cette nouvelle recherche du laboratoire de Sur recèle d'importants impacts, car elle combine l'imagerie de pointe à des outils génétiques pour merveilleusement surveiller le fonctionnement de synapses individuelles dans un cerveau qui réagit à des stimulus pertinents pour le comportement qui suscitent des changements dans les réactions neuronales. »

«Étant donné les résultats de ce tour de force, nous pouvons maintenant dire que, *dans un cerveau intact, des synapses qui sont à proximité les unes des autres interagissent, pendant qu'un circuit subit des modifications fonctionnelles, par un mécanisme qui met en œuvre une cascade moléculaire dans laquelle l'Arc joue un rôle prépondérant,* » dit-elle. « Cette information nous permet de comprendre non seulement comment se développent et se réorganisent les circuits neuronaux dans un cadre physiologique, mais nous donne aussi des indices qui seront importants pour identifier pourquoi ces processus vont de travers dans diverses maladies neurologiques. »

Cet article fut publié à partir de [matériel](#) fourni par le [Picower Institute, MIT](#). Note : le contenu peut avoir été édité à des fins d'espace et de contenu. Pour plus d'informations, contactez la source citée.

Référence : El-Boustani, S., Ip, J., Breton-Provencher, v., Knott, G., Okuno, H., Bito, H., & Sur, M. (2018). Locally coordinated synaptic plasticity of visual cortex neurons in vivo. *Science*, 360 (6395), 1349-1354. Doi: 10.1126/science.aaoo862.

**Source :** Traduction de [Scientists Discover Fundamental Rule of Brain Plasticity](#). Publié dans TN le 22 juin 2018. Corrigé avec Antidote, juin 2018.

## POURQUOI ON APPREND MIEUX DE NOS SUCCÈS QUE DE NOS ÉCHECS

Une étude du MIT nous en apprend sur la capacité du cerveau à changer par suite d'un apprentissage

Deborah Halber, Picower Institute

Vous êtes-vous déjà senti déprimé parce que vous répétiez les mêmes erreurs ? Des chercheurs de l'Institut Picower pour l'Apprentissage et la Mémoire du MIT en expliquent la raison : *nos cellules cérébrales apprennent d'une expérience quelconque uniquement lorsque nous réussissons dans quelque chose et non lorsque nous échouons.*

Dans la parution du 30 juillet 2013 du journal Neuron, Earl K. Miller, professeur de Neurosciences de Picower, et ses collègues du MIT, Mark Histed et Anitha Pasupathy ont, pour la toute première fois, créé un instantané du processus d'apprentissage démontrant la façon dont les cellules modifient leurs réactions en temps réel par suite d'informations leur permettant de distinguer une action adéquate d'une autre qui ne l'est pas.

« Nous avons démontré que les cellules cérébrales se souviennent si nos récents comportements s'avèrent des succès ou pas, » affirme Miller. De plus, *lorsqu'un comportement s'avère un succès, les cellules s'adaptent à ce que vient d'apprendre l'animal. En revanche, à la suite d'un échec, il n'y avait que peu ou pas de changement dans le cerveau – ni amélioration du comportement.*

L'étude nous en apprend sur les mécanismes neuronaux connectant une rétroaction environnementale à la plasticité neuronale – cette capacité du cerveau à se modifier à la suite d'une expérience. Cela aura certes un impact dans notre compréhension de l'acquisition de connaissances et du traitement des troubles d'apprentissage.

### **Succès enrichissants**

On montra à des singes, en alternance, deux images sur un écran d'ordinateur. Lorsqu'une de ces images apparaissait, on récompensait l'animal lorsqu'il dirigeait son regard vers la droite ; pour une autre image, il devait regarder à gauche. Les singes y allèrent par essais et erreurs afin de découvrir laquelle des images correspondait à quel mouvement.

Les chercheurs constatèrent que, peu importe que la réaction de l'animal ait été adéquate ou non, des signaux, dans certaines parties du cerveau, "résonnaient" pendant plusieurs secondes suite aux répercussions de leurs réactions. L'activité neuronale à la suite d'une réaction adéquate - et sa récompense - aidait les singes à faire mieux lors de l'apparition suivante quelques secondes plus tard.

« Lorsque le singe réagissait adéquatement, un signal subsistait dans son cerveau lui disant : « Tu as réagi correctement. » Juste après une bonne réponse, des neurones traitaient l'information avec plus de finesse et d'efficacité et le singe avait, la fois suivante, de meilleures chances de trouver la bonne réponse » ajoute Miller. « Mais à la suite d'une erreur, il y avait absence d'amélioration. En d'autres mots, *seuls les succès, et non les échecs, améliorent le traitement cérébral* et le comportement des singes. »

### **Influence d'une fraction de seconde**

Le cortex préfrontal orchestre les pensées et les actions conformément à nos objectifs internes alors que nos ganglions de la base sont associés au contrôle moteur, à la cognition et aux émotions. Ce travail de recherche démontre que ces deux régions cérébrales, dont nous suspicions depuis longtemps un rôle dans l'acquisition de connaissances et pour la mémoire, bénéficient de toutes les informations à leur disposition pour effectuer les calculs neuronaux indispensables à l'apprentissage.

On pense que le cortex préfrontal et les ganglions de la base, fortement interconnectés les uns aux autres et au reste du cerveau, nous aident à apprendre des associations abstraites en générant de brefs signaux neuronaux lorsqu'une réaction est ou pas correcte. Mais les chercheurs ne comprenaient pas comment cette activité éphémère - elle s'estompe en moins d'une seconde - influençait les actions qui s'ensuivaient.

Dans cette étude, les chercheurs observèrent une activité de plusieurs neurones dans ces deux régions cérébrales reflétant la libération ou la retenue d'une récompense ; cette activité s'étendait sur plusieurs secondes, jusqu'à l'autre expérimentation. Des neurones individuels des deux régions véhiculaient, pendant quatre à six secondes, des informations solides et soutenues sur le résultat, couvrant ainsi tout l'espace-temps entre deux expérimentations.

La sélectivité réactive était plus prononcée lorsqu'une précédente expérimentation avait été récompensée mais plus faible lorsque l'expérimentation précédente s'était soldée par une erreur. Et il en était ainsi, peu importe que l'animal apprenne l'association ou y était déjà coutumier et donc habile.

Par suite d'une réaction adéquate, les impulsions électriques en provenance des neurones des deux régions cérébrales étaient plus robustes et véhiculaient davantage d'informations. « Le ratio signal/bruit s'améliorait dans les deux régions cérébrales, » dit Miller. « Cette réaction renforcée augmentait également leurs chances de réagir correctement à la prochaine expérimentation. Ce qui explique, au niveau neuronal, pourquoi nous semblons apprendre davantage de nos succès que de nos revers. »

## ON APPREND MIEUX DE NOS SUCCÈS QUE DE NOS ÉCHECS

En plus de Miller, les auteurs sont Mark H. Histed, diplômé du MIT, maintenant postdoctoral au Harvard Medical School, et la postdoctorale Anitha Pasupathy, maintenant professeure adjoint à l'Université de Washington.

Cette recherche a été financée par le National Institute of Neurological Disorders and Stroke et par la Tourette's Syndrome Association.

Traduction de [\*Why We Learn More From Our Successes Than Our Failures\*](#), MIT study sheds light on the brain's ability to change in response to learning, par Deborah Halber du Picower Institute. Paru dans MITnews, octobre 2013.

Traduction de Richard Parent, Mont St-Hilaire, Québec. Septembre 2014. Déplacement et reformatage 03/2018.

## RECRÉER LE CERVEAU HUMAIN

*Article publié dans La Presse+ du 19 novembre 2016 sous le titre « Dix projets scientifiques stupéfiants » par Philippe Mercure. RP*

Le cerveau humain est la structure la plus complexe de l'Univers connu, et la seule qui tente de se comprendre elle-même. Le projet le plus spectaculaire de cette quête s'appelle Human Brain Project. Son but : recréer, grâce à des superordinateurs, un prototype du cerveau humain. Cette version numérique permettrait de comprendre comment fonctionnent la [mémoire](#) et le [langage](#), d'étudier les maladies neurologiques et même, qui sait, de lever le voile sur la nature des [émotions](#), de la pensée et de la conscience. Lancé en 2013, le programme de recherche mobilisera plus de 200 chercheurs pendant 10 ans. Il est l'un des deux projets phares choisis par la Commission Européenne et bénéficie d'un budget de plus de 1 milliard d'euros (près de 1,5 milliard CAN).

18/11/2016

Mise à jour, *La Presse+*, 11 novembre 2018 : un million, c'est le nombre de processeurs du superordinateur conçu pour reproduire le cerveau humain qui a été activé il y a quelques jours. Baptisé SpiNNaker, pour « Spiking Neural Network Architecture », l'ordinateur peut accomplir 200 millions de millions d'opérations par seconde et a été construit à l'Université de Manchester. La machine fait partie du Human Brain Project, qui vise à recréer une version du cerveau humain afin de mieux le comprendre.

---

## ***DES CHERCHEURS DE L'UTSA ÉTUDIENT LE BÉGAIEMENT ET DÉVELOPPENT UNE TECHNOLOGIE POUR AMÉLIORER LES FONCTIONS CÉRÉBRALES***



*Des chercheurs de l'UTSA développent des méthodes qui utiliseront une interface informatique pour agir sur la dynamique cérébrale du bégaiement.*

(30 mai 2018) – une équipe de chercheurs de l'Université du Texas à San Antonio (UTSA) a reçu du [National Institute of Health \(NIH\)](#) une subvention, pour deux ans, de 387,000 (US) \$<sup>17</sup> pour concevoir une technologie qui identifiera les activités cérébrales contribuant au bégaiement, technologie qui sera également utilisée pour former les individus à optimiser leurs fonctions cérébrales.

Edward Golob, professeur de psychologie et chercheur principal de cette subvention, fait équipe avec Kay Robbins, professeur au Département des Sciences Informatiques de l'UTSA, Jeffrey Mock, professeur adjoint en recherche de l'UTSA et Farzan Irani, professeur adjoint des troubles de la communication de l'Université d'État du Texas, pour étudier le bégaiement développemental persistant<sup>18</sup>.

Selon [l'Institut National de la surdité et autres troubles de la communication](#), le bégaiement affecte trois millions d'Américains de tous âges.

Grâce à cette subvention, l'équipe de professeurs-chercheurs et leurs étudiants-doctorants et de premier cycle vont concevoir une interface reliant ordinateur et cerveau (en anglais BCI pour Brain-computer interface) dont l'objectif sera de réduire la fréquence du bégaiement.

Les participants à ce projet auront des capteurs sur leurs têtes qui seront connectés à un ordinateur. Les capteurs liront, en temps réel, ce que font leurs cerveaux et identifieront les activités cérébrales associées, chez chaque personne, à la parole fluide et à une parole bégayée.

---

<sup>17</sup> Environ 330 614 Euros au taux de conversion au juin 2018.

<sup>18</sup> Persistent developmental Stuttering (PDS).

## UNE TECHNOLOGIE POUR AMÉLIORER NOS FONCTIONS CÉRÉBRALES

Après avoir identifié les états cérébraux correspondant aux meilleures performances des participants, les chercheurs entraîneront leurs cerveaux afin qu'ils puissent se retrouver, plus souvent, dans cet état favorable à la fluence, espérant qu'ainsi leur bégaiement diminuera.

«Nous étudions comment optimiser l'utilisation du cerveau que vous avez», dit Golob, dont l'expertise en recherche couvre les domaines de la neuroscience cognitive avec une concentration sur la perception, l'attention et la [mémoire](#) en relation avec le système auditif. «Cette approche globale devrait permettre de mettre au point un puissant outil pour la réadaptation et les thérapies de troubles neurologiques et psychiatriques, incluant l'AVC, l'Alzheimer et les traumatismes crâniens.»

Golob travaille avec Mock et des étudiants de premier et deuxième cycles dans son [laboratoire de neuroscience cognitive](#). Dans ce laboratoire, des recherches sont entreprises sur certains aspects de l'ouïe, dont l'origine spatiale d'un son, centrant l'attention spatiale et pour comprendre comment la perception est influencée par nos souvenirs et nos actions. Par leurs travaux, les chercheurs s'efforcent de comprendre les différences cognitives et neurobiologiques accompagnant le vieillissement normal tout autant que les maladies neurodégénératives.

Golob fait partie du [Consortium sur la santé cérébrale](#)<sup>19</sup>, projet de recherche de calibre mondial à l'UTSA, fort des 40 chercheurs nationaux les plus réputés en santé cérébrale. Ces chercheurs créent une synergie grâce à leurs expertises en maladie neurodégénérative, en circuits neuronaux et signaux électriques, en traumatisme crânien, en médecine régénérative, en thérapies par cellules souches, en chimie médicale, en neuro-inflammation, en conception de médicaments et en psychologie en collaborant sur des projets complexes de recherches à grande échelle qui produiront une meilleure compréhension des complexités du cerveau humain et des facteurs à l'origine de son déclin.

- Kara Soria

**Source** : Traduction de [UTSA RESEARCHERS STUDY STUTTERING AND DEVELOP TECHNOLOGY TO ENHANCE BRAIN FUNCTION](#). Publié dimanche le 3 juin 2018 dans UTSA Today.

Traduction de Richard Parent, juin 2018.

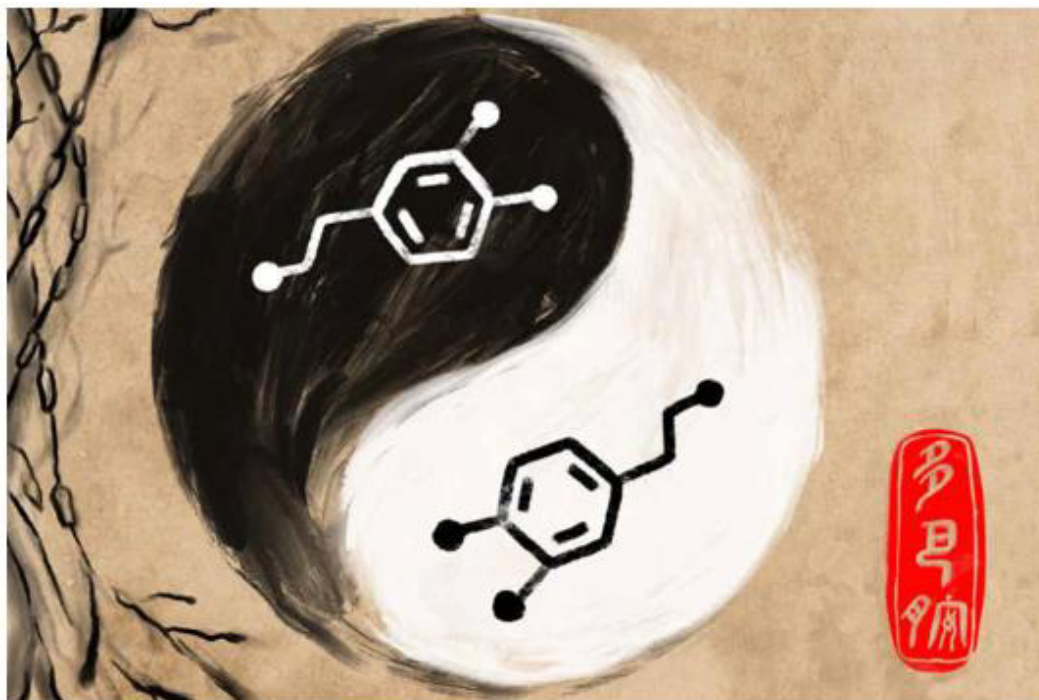
Voir aussi à ce sujet le TED Talk de la psychologue Carol Dweck, [Le pouvoir de croire qu'on peut s'améliorer](#).

---

<sup>19</sup> Brain Health Consortium.

## LE YIN-YANG DE LA DOPAMINE

11 DÉCEMBRE 2018, COMMUNIQUÉ DE PRESSE DE L'UNIVERSITÉ DE BERKELEY



*Des chercheurs de l'Université de Californie à Berkeley ont découvert que le neurotransmetteur dopamine possédait une personnalité yin-yang<sup>20</sup>, intervenant à la fois pour le plaisir et la douleur. Crédit : Christine Liu.*

*Commençons par la définition que donne Wikipédia de la dopamine : « La dopamine est un neurotransmetteur, une molécule biochimique qui permet la communication au sein du système nerveux, et l'une de celles qui influent directement sur le comportement. » On en fait souvent mention dans des ouvrages sur le bégaiement. RP*

Depuis des décennies, les psychologues percevaient le neurotransmetteur dopamine comme une épée à double tranchant : décharge dans le cerveau, comme récompense, afin de nous inciter à rechercher des expériences plaisantes ; mais aussi une « drogue » dont le désir constant mène tout droit à la dépendance.

Mais une nouvelle recherche menée par l'Université de Californie à Berkeley (UC Berkeley) nous indique qu'il ne s'agit que d'une facette de la dopamine. *L'envers de la médaille c'est que la dopamine est également libérée en réaction à des expériences déplaisantes, comme de toucher à*

---

<sup>20</sup> « Dans la philosophie chinoise, le yin et le yang sont deux catégories complémentaires utilisées dans l'analyse de tous les phénomènes de la vie et du cosmos. » Wikipédia.



## LE YIN-YANG DE LA DOPAMINE

une bouilloire de thé brûlante (ou un incident de sévère bégaiement RP), incitant probablement notre cerveau à éviter de telles expériences.

Cette nature yin-yang de la dopamine pourrait bien avoir des implications pour le traitement de la dépendance et autres troubles mentaux. Pour des maladies comme, par exemple, la schizophrénie, les niveaux de dopamine de différentes zones du cerveau deviennent anormaux, possiblement à cause d'un déséquilibre entre les circuits cérébraux de récompenses et d'évitement<sup>21</sup>. La dépendance (ou accoutumance) peut également résulter d'un déséquilibre dans les réactions au plaisir et à la douleur.

« Dans la toxicomanie (une dépendance), les individus recherchent la prochaine récompense et on les verra prendre beaucoup de risques pour se procurer leur prochaine dose de drogues, » affirme Stephan Lammel, assistant professeur de biologie moléculaire et cellulaire à l'UC Berkeley et auteur principal du rapport décrivant les résultats de cette recherche dans le journal *Neuron*. « Nous ne connaissons toujours pas les sous-œuvre neurobiologiques de certains comportements à risque élevé d'individus atteints de dépendance, comportements tels que le partage de l'attirail de drogues (dont les seringues), et ce malgré les risques démontrés de mortalité et de morbidité<sup>22</sup> qui y sont associés. Une meilleure compréhension de la façon dont les drogues modifient les circuits neuronaux impliqués dans l'aversion pourrait receler d'importantes implications pour cette incessante recherche de drogue confrontée aux conséquences négatives. »

Bien que certains neuroscientifiques aient depuis longtemps spéculé sur le rôle potentiel de la dopamine dans le signalement d'événements répulsifs, sa double personnalité est demeurée cachée jusqu'à récemment parce que *les neurones cérébraux relâchant la dopamine en réaction à des récompenses sont incrustés dans un sous-circuit distinct de celui des neurones libérant la dopamine en réponse à un stimuli répulsif*.

Méthodologie : Johannes de Jong, première auteure du rapport de cette recherche, fut à même d'observer simultanément les deux sous-circuits de dopamine en implantant des canules de fibre optique dans deux régions cérébrales – séparées par seulement quelques millimètres – en utilisant une nouvelle technologie désignée photométrie des fibres<sup>23</sup>.

« Notre travail délimite, pour la toute première fois, le circuit cérébral précis dans lequel se produit l'apprentissage des résultats de récompense et de répulsion, » affirme Lammel. « Posséder des corrélations neuronales distinctes pour les comportements attirants et répulsifs dans notre cerveau peut expliquer notre recherche incessante de plus grandes récompenses tout

---

<sup>21</sup> On pourrait également parler de récompense/punition.

<sup>22</sup> « Caractère maladif. En démographie, nombre de malades dans un groupe donné et pendant un temps déterminé. Tables de morbidité. » Wikipédia.

<sup>23</sup> Fiber photometry.

en minimisant les menaces et les dangers. Un tel équilibre d'apprentissage approche-évitement<sup>24</sup> est certainement utile pour survivre à la compétition dans un environnement toujours changeant. »

Ce rôle nouvellement découvert de la dopamine s'aligne avec la reconnaissance de plus en plus acceptée que le neurotransmetteur joue des rôles bien différents dans diverses régions du cerveau, exemplifiée par sa fonction dans le mouvement volontaire, lequel se trouve affecté dans la maladie de Parkinson. Ces résultats expliquent également de précédentes expérimentations conflictuelles, dont certaines avançaient un accroissement de dopamine en réaction à des stimuli répulsifs, ce qui n'était pas le cas pour d'autres.

« Nous nous sommes éloignés de cette perception que nous avons des neurones dopaminergiques comme simplement une population homogène de cellules cérébrales qui arbitrent récompense et plaisir *vers une représentation mieux définie et plus nuancée de son rôle, selon l'endroit du cerveau où elle est libérée,* » précise Lammel.

### Erreurs de prédiction de récompense

La majeure partie de ce que nous savons sur la dopamine provient de recherches effectuées sur des rongeurs et des singes, alors que les chercheurs observaient les cellules d'une région précise du cerveau, cellules qui ne contenaient que des neurones dopaminergiques réactives à la récompense. Il est possible, ajoute Lammel, que par un biais d'échantillonnage, nous soyons passés à côté des neurones dopaminergiques qui réagissaient à une stimulation répulsive.

Selon « l'hypothèse de l'erreur prédictive de récompense » qui prédomine présentement, *ces neurones dopaminergiques sont activés et produisent la dopamine lorsqu'une action recèle une récompense supérieure à ce à quoi nous nous attendions,* alors qu'elles se cantonnent à une activité primaire lorsque la récompense satisfait nos attentes et montrent une activité en déclin lorsque nous recevons une récompense moindre qu'espérée.

*La dopamine modifie les circuits neuronaux et entraîne le cerveau – pour le meilleur ou pour le pire – à rechercher ce qui est plaisant et éviter ce qui ne l'est pas.*

« Reposant sur l'hypothèse de l'erreur prédictive de récompense, la tendance bien établie est de mettre l'emphasis sur la mise en œuvre de la dopamine en situations de récompense, de plaisir, de dépendance et d'apprentissage lié à une récompense tout en lui attribuant une moindre attention dans sa mise en œuvre lors de processus répulsifs, » précise Lammel.

---

<sup>24</sup> Expression chère à Joseph Sheehan alors qu'il décrivait le désir simultané de la PQB à s'exprimer mais, en même temps, à ne pas parler (à se retenir) par crainte de bégayer. RP

## LE YIN-YANG DE LA DOPAMINE

Afin de disséquer les divers sous-circuits dopaminergiques, de Jong et Lammel collaborèrent avec le laboratoire de Karl Deisseroth à l'Université Stanford qui développa, il y a quelques années, la technologie de photométrie des fibres.

La photométrie des fibres consiste en l'insertion de câbles de fibres optiques minces et flexibles dans le cerveau pour enregistrer les signaux fluorescents émis par les neurones et leurs axones qui libèrent la dopamine. Les marqueurs fluorescents sont insérés dans les neurones par un virus qui cible uniquement ces cellules.

Lors de précédentes expérimentations sur des singes, ajoute Lammel, des scientifiques ont observé des cellules dopaminergiques en ne sachant pas quel endroit du cerveau leurs axones ciblèrent, endroits qui pouvaient se trouver à plusieurs millimètres du corps cellulaire. Travaillant sur des souris, de Jong enregistra simultanément, à partir d'axones dopaminergiques s'y situant, les régions latérales et médianes d'une région désignée noyau accumbens, considérée partie intégrale des circuits cérébraux de récompense. Il fut ainsi en mesure d'enregistrer l'activité des cellules dont les axones atteignirent ces régions à partir de régions dopaminergiques du mésencéphale (cerveau moyen), plus spécifiquement la zone tegmentale ventrale.

À leur grand étonnement, *les axones de la zone médiane relâchaient de la dopamine en réaction à un stimuli répulsif* – un léger choc électrique aux pattes – *alors que celles de la région latérale relâchaient de la dopamine qu'en réaction à un stimuli positif.*

« Nous avons deux sous-types différents de cellules dopaminergiques : une population arbitre l'attraction et l'autre la répulsion, et elles sont anatomiquement séparées, » affirme Lammel.

Il souhaite que ces observations soient confirmées chez les singes et les humains et qu'elles mènent à de nouvelles approches pour comprendre et traiter la dépendance et autres maladies du cerveau.

Cet article fut publié à nouveau à partir de [matériel](#) obtenu de [l'UC Berkeley](#). Note : ce matériel peut avoir été édité à des fins d'espace et de contenu. Pour de plus amples informations, veuillez contacter les sources citées.

**Référence** : Jong, J. W. de, Afjei, S. A., Dorocic, I. P., Peck, J. R., Liu, C., Kim, C. K., ... Lammel, S. (2018). A Neural Circuit Mechanism for Encoding Aversive Stimuli in the Mesolimbic Dopamine System. *Neuron*, 0(0).

<http://doi.org/10.1016/j.neuron.2018.11.005>

**Source** : Traduction de [The Yin-Yang of Dopamine](#). Publié dans NNR (Neuroscience News & Research) de Technology Networks (TN), le 11 décembre 2018.

Traduction de Richard Parent, décembre 2018.

Pour examiner la page où sont hébergées toutes mes traductions et télécharger ce que vous désirez, cliquez [ICI](#).

## LE YIN-YANG DE LA DOPAMINE

Pour communiquer avec moi : [richardparent@videotron.ca](mailto:richardparent@videotron.ca) OU [richardparent99@gmail.com](mailto:richardparent99@gmail.com).

Je vous invite à visionner également le document intitulé *Infographie sur la neuroplasticité cérébrale* en cliquant [ICI](#).