

L'APPORT DES NEUROSCIENCES POUR FAVORISER LES APPRENTISSAGES CHEZ LES 15-20 ANS PRÉSENTANT DES DIFFICULTÉS D'APPRENTISSAGE

*Julie Tendon

CAS en Neurosciences de l'éducation, Université de Fribourg, Suisse

*Auteure correspondante : Mme Julie Tendon tendon.julie@gmail.com

Citation : Tendon, J. (2022). L'apport des neurosciences pour favoriser les apprentissages chez les 15-20 ans présentant des difficultés d'apprentissage. Cortica 2(1) 50- <https://doi.org/10.26034/cortica.2022.3344>

1. INTRODUCTION

Les jeunes (15-20) avec un trouble spécifique des apprentissages voient souvent leur formation entravée par leurs difficultés. Mon but à travers cet écrit est d'amener des notions neuroscientifiques dans mon travail quotidien, afin de favoriser leurs apprentissages. Mon projet se base sur le postulat, évoqué par C. Fahim lors de la formation (12 janvier 2022), qui stipule que ce n'est pas la dyslexie qui bloque l'apprentissage, mais le manque d'estime qui en découle. L'hypothèse avancée est qu'en expliquant les particularités du fonctionnement cérébral aux adolescents avec des difficultés d'apprentissages, ils puissent apprendre à mieux se connaître, augmenter l'estime qu'ils ont d'eux-mêmes et optimiser leurs capacités d'apprentissage.

Les objectifs poursuivis à travers ce travail sont d'une part de recenser les éléments pratiques qui permettent de mieux comprendre et favoriser les apprentissages selon les neurosciences et d'autre part, de tisser des liens avec ma pratique institutionnelle pour aider les jeunes adultes avec difficultés d'apprentissage à rehausser leur estime d'eux face aux apprentissages et conséquemment favoriser leurs enseignements théoriques.

La rédaction de ce présent document s'inscrit dans le Certificate of Advanced Studies (CAS) en Neurosciences de l'éducation à l'Université de Fribourg. Il s'agit d'une recherche appliquée, puisque le projet est de partir de la théorie pour l'appliquer ensuite à la pratique.

L'application de ces concepts se fait dans l'une des Unités de formation professionnelle

(UF) du Centre régional d'apprentissages spécialisés (Ceras) où je travaille en tant qu'ergothérapeute. Le Ceras est une fondation de droit privé qui a pour but la scolarisation et la formation professionnelle d'enfants et de jeunes adultes d'intelligence normale ou avec une légère déficience intellectuelle, présentant des difficultés d'apprentissage. La Fondation du Ceras regroupe deux institutions ; l'école spécialisée d'un côté, qui accueille des enfants en âge de scolarité obligatoire, et les Unités de formation d'autre part, qui interviennent durant l'apprentissage. Reconnue d'utilité publique, elle est subventionnée par l'Assurance-invalidité ainsi que par les cantons concernés (Berne, Jura et Neuchâtel).

Les jeunes qui arrivent à l'Unité de formation commencent soit directement leur apprentissage en dual si leur projet professionnel est clairement défini, qu'ils ont la maturité et les acquis nécessaires et qu'ils ont trouvé une place d'apprentissage, ou alors ils débutent par une année d'orientation. Cette année permet d'effectuer plusieurs stages de longue durée (généralement un mois), de définir un projet professionnel adéquat et de renforcer les bases pour partir ensuite en formation. Lorsque les élèves suivis par l'UF sont en apprentissage, une collaboration étroite a lieu entre l'UF et les entreprises concernées, ainsi qu'avec les centres de formation. Les jeunes apprennent leur métier dans leur entreprise formatrice et suivent les cours professionnels inhérents à leur

apprentissage. Parallèlement, ils se rendent deux fois par semaine à l'Unité de formation pour être soutenus dans leurs apprentissages tant théoriques que pratiques. Les collaborateurs travaillant dans les UF sont des formateurs, des ergothérapeutes et une enseignante. Chaque jeune est suivi par un duo composé d'un formateur et d'un ergothérapeute. Ensemble, ce duo accompagne le jeune tout au long de sa formation. Plus spécifiquement, le formateur fait le lien avec les entreprises et les écoles professionnelles, tandis que l'ergothérapeute s'occupe des stratégies pour augmenter l'autonomie de l'apprenant, que ce soit pour des gestes pratiques ou pour des stratégies d'apprentissage.

L'envergure de ce travail est relativement petite, sa mise en pratique concernant principalement cinq jeunes en année d'orientation.

Ce document présente les spécificités anatomiques du cerveau avec un trouble spécifique des apprentissages en lecture et lors d'un trouble du déficit d'attention avec ou sans hyperactivité. Il expose les méthodes qui favorisent les apprentissages et rend attentif aux notions qui peuvent les limiter, comme les biais cognitifs. Finalement, des pistes de mises en pratique des neurosciences dans le cadre de mon travail sont présentées.

2. PROBLEMATIQUE

Le constat de départ de ce travail est que beaucoup de jeunes (15-20 ans) avec des difficultés d'apprentissages ont vu leur estime d'eux baisser significativement durant leur parcours scolaire, plus particulièrement face à leurs apprentissages (Massé, s.d., cité par C. Fahim, communication personnelle, 24 novembre 2021). Dans mon travail quotidien à l'Unité de formation professionnelle du Ceras, je constate que les apprenants perçoivent souvent leurs capacités d'apprentissages comme étant faibles à cause de leurs diagnostics (troubles neurodéveloppementaux). Ils pensent que c'est un fait inéluctable, qu'ils ne sont pas capables ou pas assez *intelligents* pour apprendre. Je constate également à travers mon travail, qu'à force d'être valorisés et de vivre de petites réussites (note suffisante à un travail écrit, réaliser qu'ils parviennent à mémoriser de nouveaux apprentissages) ils regagnent en estime d'eux-mêmes et affrontent les nouveautés liées à leurs apprentissages armés d'une plus grande confiance.

3. THEORIE

3.1 Fonctionnement anatomique du cerveau

La constitution du cerveau peut être comparée à une pastèque afin d'aider à la représentation de ses différentes composantes. La partie extérieure de la pastèque, la partie verte, correspond au cortex du cerveau. L'intérieure de la pastèque, la partie rouge, serait alors la

partie sous-corticale du cerveau. Chez l'humain, contrairement à la pastèque, la couche externe – le cortex – est formée de multiples plis afin de pouvoir contenir un grand nombre d'informations sur une plus petite surface. Les hauts de ces plis s'appellent les gyri et les creux les sulci (C. Fahim, communication personnelle, 11 janvier 2022).

Le cortex et le sous-cortical sont composés de quatre lobes. À l'avant il y a le lobe frontal ; on pourrait aussi l'appeler le *big boss* ou le *chef d'orchestre*, car c'est cette partie qui prend les décisions, gère les actions, la planification et organise les mouvements. Ce lobe mature depuis notre naissance jusqu'à environ 25 ans (cela dépend des cultures, en Asie par exemple, cette partie est généralement mature plus tôt, car les personnes sont responsabilisées plus jeunes). La partie avant de ce lobe se nomme le cortex préfrontal. C'est elle qui a le pouvoir d'éteindre notre système d'alarme, (Côté & Le Blanc, 2016). La partie supérieure de notre cerveau est composée du lobe pariétal, un des premiers à mûrir. C'est là qu'il y a l'imagination, la créativité, la représentation de notre corps (aussi bien sensorielle que motrice), le temps et l'espace. Cette partie se développe notamment avec des activités faisant appel aux trois dimensions. Cette partie est généralement plus développée chez les personnes ayant un trouble spécifique des apprentissages en lecture (dyslexie). Sur les côtés de la tête, se trouve le lobe temporal ou le *boss des émotions* puisqu'il s'occupe

notamment des émotions, mais aussi des apprentissages, de la mémoire, du langage et des perceptions sociales. En général, ce lobe fonctionne moins bien chez les personnes avec un trouble spécifique des apprentissages (dyscalculie, dysorthographe, dyslexie) ou un trouble de la communication (dysphasie). À l'arrière du cerveau, le lobe occipital gère ce qui a trait à la vision. À ces quatre lobes s'ajoutent le cervelet, situé en-dessous du lobe occipital et le tronc cérébral. Le cervelet est le centre de nos habitudes et nous différencie des robots. Il gère notamment la posture, l'équilibre, l'harmonisation de nos gestes et la coordination. Un problème au cervelet engendre un comportement non fluide, comme la marche chez les personnes ayant la maladie de Parkinson (C. Fahim, communication personnelle, 12 octobre 2021 et 11 janvier 2022). La forme du cervelet ressemble à celle d'un petit cerveau ; d'ailleurs, bien qu'il n'ait qu'un dixième de la taille du cerveau, il a à lui seul près de 50% des neurones du cerveau ! Le tronc cérébral, quant à lui, fait la jonction entre le cerveau et la moelle épinière (Neuromedia, 2021). Il gère notamment la respiration et le rythme cardiaque. Afin d'illustrer l'interconnexion entre ces différentes parties, voici un exemple : lors d'une peur, le tronc cérébral qui recense les informations émotionnelles en provenance du corps, va constater que le cœur bat plus fort et que la respiration est augmentée. Le tronc cérébral va transmettre ces informations au cerveau et plus précisément à l'amygdale. Cette dernière fonctionne comme un système d'alarme au

sein du cerveau. Une fois ce système d'alarme activé, c'est le cortex préfrontal qui est en mesure de l'éteindre. Mais si ce dernier est défectueux, alors c'est l'amygdale qui va tout gérer elle-même et c'est problématique (C. Fahim, communication personnelle, 12 et 13 octobre 2021).

Une pensée prend forme quand les différentes parties du cerveau commencent à se parler entre elles. On peut se représenter un neurone (cellule nerveuse) comme étant un arbre et le cerveau une immense forêt (C. Fahim, 2022).

Pour en revenir à l'image de la pastèque, la partie extérieure soit le cortex est constituée de matière grise ou autrement dit de neurones. Un neurone est une cellule du système nerveux qui s'occupe de la transmission d'information. Il est constitué de dendrites, sortes de *branches* qui captent les informations d'autres neurones pour les transmettre vers le *noyau*, cette partie qui constitue le corps cellulaire d'un neurone, aussi nommée *soma*. Les informations transitent ensuite le long de l'axone où elles atteignent les terminaisons axonales, puis les boutons synaptiques pour transmettre les informations à d'autres neurones. Les connexions ainsi formées avec d'autres neurones s'appellent les synapses (Dubuc, s.d.). La matière blanche est une autre structure du système nerveux central, principalement composée par les gaines de myéline qui entourent les axones des

neurones (Fields & Bukalo, 2020). Ces gaines permettent aux informations de transiter plus rapidement le long de l'axone. Si la matière grise dépend de notre acide désoxyribonucléique (ADN), la matière blanche est influencée par nos expériences (Fields, 2010, 2015) et par ce que l'on mange. La matière grise devient matière blanche une fois que la tâche est automatisée (d'après le cours de M. Squillaci, communication personnelle, 24 novembre 2021). Chez les adolescents, la matière blanche est en réaménagement plus intense, ce qui explique qu'ils peuvent changer très rapidement d'état.

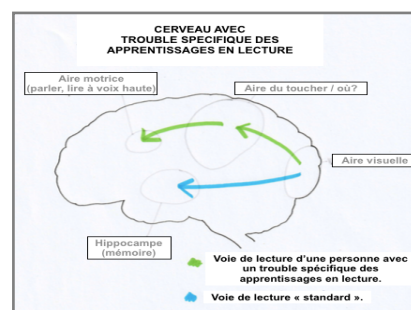
La myélinisation de la matière blanche continue de se développer jusqu'à l'âge adulte ; certaines parties du cerveau ne sont matures qu'aux environs de l'âge de 40 ans (Matsuzawa, 2001). La maturation du cortex cérébral débute à l'arrière du cerveau et se finalise au lobe frontal. Comme c'est lui qui est garant des capacités de raisonnement, de la planification et du jugement, cela explique que les adolescents n'ont pas les mêmes capacités décisionnelles que les adultes (Gogtay et al., 2004). Dans son cours, C. Fahim précise que le cortex orbito-frontal (la partie qui contrôle les émotions et les impulsions), ainsi que les circuits neuronaux qui les relient au cerveau sous-cortical et au cerveau émotionnel, ne finissent leur maturation qu'entre 20 et 25 ans. La dernière partie à maturer concerne les réactions (communication personnelle, 3 mai 2022).

3.2 Trouble spécifique des apprentissages en lecture

Le trouble spécifique des apprentissages en lecture, autrefois nommé dyslexie, est la conséquence d'une mauvaise coordination de la diffusion de l'information dans les parties utilisées lors de la lecture. Ceci serait dû au fait qu'il y a moins de substance blanche à ces endroits précis du cerveau (Jernigan et al., 2016). Or, la substance blanche a un rôle fondamental dans les apprentissages (Houston, 2021) (Baron-Van Evercooren, s.d., cité par C. Fahim, communication personnelle, 12 octobre 2021).

Figure 1 : Comme l'illustre ce schéma, la lecture

se passe par une voie dorsale chez une personne présentant



un trouble spécifique des apprentissages en lecture. Ce chemin, contrairement à la voie ventrale, est un peu plus long et passe par le cortex pariétal, partie du cerveau qui abrite notamment la créativité et l'imagination (C. Fahim, communication personnelle, 13 octobre 2021).

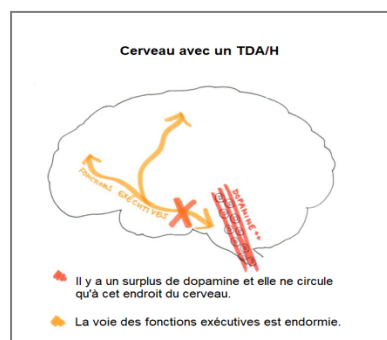
3.3 Trouble du déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité

Le trouble du déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDA/H) est un trouble

neurodéveloppemental. Les principaux symptômes sont une impulsivité (comportementale, cognitive, ...), une agitation (psychique ou physique), des difficultés d'organisation et un défaut du contrôle attentionnel. Ces symptômes doivent avoir un impact fonctionnel (scolaire, familial et/ou social) (Vera, 2015). D'après le cours de C. Fahim, les informations circulent très rapidement dans un cerveau TDA/H, mais les différentes parties du cerveau ne travaillent pas de manière synchronisée. Un bon réseau de neurones ne sert à rien si les neurones ne communiquent pas entre eux.

Toujours d'après le cours de C. Fahim, la concentration est gérée par les lobes pariétal et frontal et c'est justement là que se situent les difficultés des TDA/H, car ils sont tellement concentrés dans le pariétal, qu'ils ne parviennent pas à connecter avec le frontal (communication personnelle, 23 novembre 2021).

Figure 2 :
Schéma d'un
cerveau avec
un TDA/H.
Production
personnelle,
inspirée de C.



Fahim, communication personnelle, 11 janvier 2022

Le schéma ci-dessus illustre à la fois les fonctions exécutives (représentées en

orange) qui sont « endormies » dans le cerveau d'une personne ayant un TDA/H et le fait qu'il y ait un trop plein de dopamine (illustrée en rouge) à l'arrière du cerveau, vers le tronc cérébral. La dopamine est le neurotransmetteur associé au ressenti du plaisir et incite la répétition de certains comportements qui amènent des sentiments de récompense (Houston, 2021).

La dopamine étant impliquée dans le système de récompense, le surplus de ce neurotransmetteur peut se répercuter sur la motivation, qui n'est pas constante dans un cas de TDA/H. Ce déséquilibre de dopamine explique pourquoi une personne avec un TDA/H peut très vite s'enthousiasmer pour une nouvelle activité, aussi rapidement qu'elle s'en lasse ensuite pour s'intéresser à un autre sujet. Quant au ralentissement des fonctions exécutives, cela explique pourquoi l'inhibition, le maintien attentionnel et la planification sont plus compliqués pour les personnes avec un TDA/H (Roques, s.d.).

3.4 Cerveau et apprentissages

Comme le soulève Hart (1983, cité par M. Squillaci, communication personnelle, 24 novembre 2021), il est impensable de concevoir des apprentissages sans comprendre le cerveau.

Lors du développement, plusieurs élagages synaptiques se produisent afin de supprimer les neurones qui ne sont pas utilisés et optimiser le passage des informations entre

les neurones restants. Pour reprendre l'image de la forêt, un élagage c'est comme si on débroussaillait des chemins forestiers afin de mieux pouvoir y circuler. Le premier élagage a lieu entre deux et quatre ans (c'est la période du *non* chez l'enfant). Un deuxième élagage synaptique se fait ensuite entre douze et vingt-cinq ans puis probablement un troisième vers les quarante ans.

Les apprentissages sont impactés par les connexions entre les neurones et plus précisément par la manière dont les informations sont encodées puis traitées. Plus il y a de connexions entre neurones, plus les dendrites (*les branches*) sont nombreuses et longues et donc plus il y a de matière grise (Masson, 2020). Certains circuits neuronaux se connectent plus que d'autres à des moments opportuns et c'est ce qui impacte la mémorisation et l'apprentissage (Baron-Van Evercooren, s.d., cité par C. Fahim, communication personnelle, 12 octobre 2021).

Le cerveau est une *machine à prédire* ! Lorsqu'un enfant pense toujours qu'il est incapable d'apprendre, son cerveau va se synchroniser ainsi. C'est comme lorsque l'on marche sur un fil tendu ; si on continue de penser qu'on va tomber, c'est effectivement ce qui risque de se produire. Quand on parle de synchronisation dans le cerveau, c'est que les différentes parties commencent à s'accorder entre elles ; cela se produit après le premier élagage synaptique. Lorsqu'elle a lieu, la

synchronisation crée petit à petit des *nœuds* dans le cerveau, par lesquels nos pensées vont ensuite transiter. Parmi eux, on peut en distinguer deux sortes : les *rich clubs* et les *country club*. Les premiers sont les plus gros, les plus importants, comportent le maximum de connexions et ont l'emprise sur les *country club*. Les *rich club* sont situés dans les lobes frontal, pariétal et occipital. Ce sont eux qui décident quelle information va passer ailleurs dans le cerveau et à quel moment. Lors de la synchronisation, le cerveau va s'harmoniser en mode positif ou négatif, c'est-à-dire qu'il va être plutôt optimiste ou pessimiste. Les pensées passent ensuite par ces nœuds et en seront influencées ! De là peut découler le mécanisme de *l'impuissance acquise*, lorsqu'une personne ne fait plus le lien entre les efforts fournis et les résultats obtenus. Les neurones qui s'activent ensemble se lient pour la vie ; il est alors nécessaire de réactiver le mode par défaut, par exemple en faisant de la méditation, pour les déconnecter. Le rôle des dendrites (ou les *branches* de l'arbre si on compare un neurone à un arbre) est de recevoir l'information. Si la synchronisation cérébrale fait que la personne pense qu'elle n'est pas capable, cette information va s'inscrire dans les dendrites et circuler jusque dans l'axone (le *tronc* de l'arbre) où elle sera bloquée à cause des croyances de la personne (C. Fahim, communication personnelle, 11 janvier 2022).

Ce phénomène est probablement un des éléments qui peut expliquer le manque

d'estime des adolescents ayant un trouble spécifique des apprentissages. En effet, à force d'entendre qu'ils sont *diagnostiqués*, ils peuvent se sentir *différents* et moins aptes à apprendre que leurs camarades, penser négativement et donc se synchroniser comme tel.

3.5 Influence des expériences

Les gènes ne sont pas seuls à être impliqués dans le développement du cerveau, les expériences y contribuent également ; cette double implication se nomme l'épigénétique (Fields, 2011 ; Karde et al., 2000 ; McCain et al., 2007, cités par C. Fahim, communication personnelle, 23 novembre 2021). En effet, si la matière grise (neurones) dépend de notre ADN, la matière blanche (gaines de myéline) augmente avec les expériences. À la naissance, elle dépend de trois facteurs : la qualité de la matière blanche des parents, l'allaitement maternel (augmente la quantité de matière blanche) et la quantité et variabilité des expériences du nouveau-né (C. Fahim, communication personnelle, 12 octobre 2021).

Chaque neurone capte ce qui l'intéresse et ce qui est déjà dans son corps cellulaire (le soma) ainsi que dans son ADN. Les façons de penser d'une personne dépendent donc de la constitution de ses neurones, d'où l'importance de réaliser des expériences positives (des réussites) (d'après le cours de C. Fahim, communication personnelle, 12 octobre 2021). L'ADN est inscrit dans le corps

cellulaire de chaque neurone. L'information transite par les axones (les troncs) pour se déplacer dans le cerveau et puisque ces axones sont entourés de matière blanche (myéline), l'information est teintée par les expériences de la personne (d'après le cours de C. Fahim, communication personnelle, 23 novembre 2021).

L'environnement semble avoir une incidence à la fois sur la qualité et sur la quantité de la myéline et par conséquent sur les apprentissages (Teicher et al., 2004).

Les expériences influencent l'efficacité de la transmission synaptique tout au long de notre vie (Bourgeois, 2005). Comme le mentionne C. Fahim, la potentialisation à long terme (LTP pour long term potentiation) a lieu quand un neurone présynaptique est stimulé par une haute fréquence dans la région des synapses de l'hippocampe, ce qui permet le renforcement synaptique. Le neurotransmetteur alors délivré s'appelle le glutamate. Ce fonctionnement contribue au maintien des informations ainsi qu'à l'apprentissage. Comme ce phénomène ne peut pas avoir lieu en continu, la dépression à long terme (LTD pour long term depression) permet de diminuer l'effet augmenté de la synapse et ainsi la ramener à son état initial. Cela contribue au renouvellement des informations (communication personnelle, 23 novembre 2021).

Les adolescents rencontrant des difficultés d'apprentissages ont souvent vécu des moments de scolarités difficiles, ne parvenant pas à faire comme leurs camarades ou ne comprenant pas ce qui était attendu d'eux. Ainsi, on peut imaginer que de telles expériences scolaires négatives aient pu modifier ce à quoi la personne s'intéresse (les matières scolaires) et influencer la qualité et la quantité de la substance blanche.

3.6 Motivation

Le plaisir est un élément central de la motivation et induit plus de facilité, nous indique J.-L. Gurtner (communication personnelle, 2 février 2022). Mais l'inverse est également vrai ; lorsqu'il y a peu de facilité, cela peut se répercuter sur la motivation. Cependant, un élève avec des difficultés peut tout à fait être motivé.

Lorsqu'il y a une passion et/ou une récompense, les individus sont capables de « forcer » le lobe frontal à travailler plus fort (Center on the Developing Child, Harvard University, s.d., traduit et cité par C. Fahim, communication personnelle, 3 mai 2022).

L'imagerie cérébrale a montré qu'une récompense (émotion positive) permet à l'adolescent de mobiliser une grande partie de son lobe frontal, notamment celle impliquée dans la planification et l'exécution de tâches. Cette zone est également le siège du contrôle des impulsions, de la prise de conscience des conséquences des actes, de l'établissement

des priorités et de la projection dans l'avenir (Luna et al., 2001). Le neurotransmetteur de la motivation est la dopamine. Sa principale fonction est d'organiser les comportements dirigés vers un but selon le circuit de la récompense. Cette structure est composée d'un ensemble de noyaux (striatum, noyau accumbens) et c'est elle qui renforce ou efface un comportement (Pisupati et al., 2016).

Lorsqu'une personne est motivée, elle parvient donc à diriger son énergie vers un but. Pour cela, il est aidant de trouver la vraie passion de l'adolescent et d'appliquer l'effet Pygmalion (le fait que son entourage croit en la réussite de l'élève lui permet de réussir).

Il existe deux types de motivation ; celle résultant de facteurs intrinsèques, et celle provenant d'éléments extrinsèques. La motivation intrinsèque est présente lorsqu'une personne réalise une tâche pour son accomplissement en tant que tel, et non pour une quelconque conséquence. Tandis que dans la motivation extrinsèque, une personne agit non pour le plaisir de réaliser la tâche, mais bien pour les conséquences qui vont en découler (Desombre et al., 2017). Dans ce deuxième type de motivation, trois régulations sont identifiées. Premièrement, il y a la régulation introjectée, lorsqu'un élève réalise une tâche selon les pressions internes qu'il se met (par exemple, pour éviter de culpabiliser ou de stresser). Deuxièmement, on parle de régulation identifiée lorsque l'étudiant réalise une activité parce qu'il estime qu'elle est

importante (par exemple pour son avenir, comme l'obtention d'un diplôme). Et finalement, la régulation intégrée motive les personnes à réaliser une tâche parce qu'elles y accordent de l'importance et parce que les valeurs sociales correspondent aux valeurs et aux buts de la personne (d'après le cours de C. Fahim, 8 mars 2022). Dans le cadre de ma pratique, la plupart des jeunes semblent être le plus souvent en motivation extrinsèque, d'une régulation de type identifiée. En effet, dans la grande majorité des cas, ces élèves travaillent pour l'obtention de notes satisfaisantes en vue de l'obtention de leur certificat de fin d'étude ; ils y voient un intérêt concret pour leur avenir professionnel. Mais attention, car comme l'évoque C. Fahim dans son cours, si à long terme il n'y a que de la motivation extrinsèque, il existe un risque de dépression, car agir toujours pour les autres n'est pas sain. C'est en réalisant une action pour soi que l'on trouve l'aspect de plaisir (communication personnelle, 12 janvier 2022).

3.7 Estime de soi

L'estime de soi correspond à la valeur que les individus s'accordent, s'ils s'aiment ou ne s'aiment pas, s'approuvent ou se désapprouvent (Rosenberg, 1979). Ce concept est important face aux apprentissages, car en général les personnes tentent d'éviter de se retrouver dans des situations où elles risquent de ne pas réussir. De plus, les « interactions sociales constructives engendrent des émotions positives et renforcent les fonctions exécutives

du cerveau, favorisant ainsi l'apprentissage et la rétention des connaissances. La différenciation favorise la création de cet environnement positif ». (Dehaene, s. d. ; Sousa & Tomlinson, 2013, p.15).

Or, les jeunes rencontrant des difficultés d'apprentissage voient souvent baisser leur estime de soi. En effet, comme le mentionne N. Ruffieux dans son cours, les difficultés des personnes « dys » (troubles neurodéveloppementaux) se répercutent dans leur vie quotidienne, que ce soit à l'école, sur le plan social ou encore sur leur estime de soi, ce qui les met en situation de handicap. Dans le cas plus spécifique du TDA/H, par leurs réactions rapides et parfois disproportionnées, ce sont souvent des jeunes qui se retrouvent en difficultés interpersonnelles, que ce soit à l'école ou auprès de leur fratrie, ce qui impacte également leur estime de soi (Vera, 2015). Ils peuvent aussi se retrouver en difficultés dans leurs apprentissages, avec des résultats qui reflètent mal leurs réelles compétences (communication personnelle, 4 mai 2022).

L'estime de soi est toutefois à nuancer. En effet, comme nous l'indique J.-L. Gurtner (communication personnelle, 2 février 2022), il est faux de penser que les mauvais élèves ont forcément une mauvaise estime d'eux, car ils peuvent dévaloriser l'activité scolaire et valoriser d'autres domaines où ils sont performants, ce qui leur permet d'avoir une bonne estime d'eux. Certains auteurs considèrent que l'estime de soi est multiple ;

elle dépend de chaque domaine. Dans le cadre de ce travail, je m'intéresse donc principalement à l'estime de soi face aux apprentissages.

3.8 Neuroplasticité et neurogenèse

La neuroplasticité est la capacité d'un neurone à s'adapter à son environnement. Par exemple, dans le cas d'un pianiste, le scan démontrera que sa main est surreprésentée dans son cortex pariétal. Cette adaptation neuronale peut être pour le meilleur comme pour le pire ! En effet, cela est aussi vrai à l'inverse, lorsqu'une personne pense toujours négativement, ses neurones vont s'y adapter et se remplir de cortisol (hormone du stress) (C. Fahim, communication personnelle, 12 octobre 2021).

La neurogenèse quant à elle, est la capacité à créer de nouveaux neurones. Ce phénomène a été découvert en 1998. D'après les connaissances scientifiques actuelles, la neurogenèse peut avoir lieu dans trois parties du cerveau : la partie responsable de la mémoire (*l'hippocampe*), la partie responsable du système de récompense (*striatum*) et dans les *ventricules*, ces parties du cerveau remplies de liquide céphalo-rachidien (C. Fahim, communication personnelle, 12 octobre 2021) qui aident à protéger le cerveau des traumatismes externes. Il a également été découvert que la neurogenèse est impactée par les émotions (C. Fahim, communication personnelle, 4 mai 2022).

D'après le cours de C. Fahim, une expérience positive favorise la neuroplasticité, la neurogenèse, ainsi que la résilience au stress (communication personnelle, 23 novembre 2021).

Ces deux faits m'amènent à nouveau à faire un lien avec les jeunes présentant des difficultés d'apprentissage. En effet, selon leur vécu scolaire, il se peut que leur neuroplasticité et neurogenèse aient été impactées négativement et que cela se répercute sur leurs apprentissages présents.

4. METHODOLOGIE

Dans cette partie du document, je vais commencer par exposer les aspects théoriques des neurosciences que nous pouvons concrètement appliquer dans notre quotidien à l'Unité de formation professionnelle du Ceras. Ensuite, je ferai état d'une mise en pratique plus ciblée avec le groupe des apprenants en année d'orientation, lors de laquelle nous avons notamment vu ensemble des notions sur la structure et le fonctionnement cérébral, la neuroplasticité, l'impact de nouvelles expériences et de l'alimentation, ainsi que les connexions synaptiques lors d'apprentissages.

4.1 Génération « C »

La tranche d'âge des personnes avec qui je travaille se situe entre 15 et 20 ans. On peut

apparenter cette tranche d'âge à la génération « C », qui désigne les personnes qui sont à l'aise avec les nouvelles technologies et qui ont une aptitude à « communiquer, collaborer et créer » au travers de ces méthodes. Le « C » fait référence à « computer, click, connected ». Pour m'adapter à leurs outils de communication, je peux favoriser l'utilisation numérique lorsque nous travaillons ensemble. Cela peut être par le biais de questionnaires en ligne (change du support papier, permet de donner des réponses de manière plus anonyme, évite de passer par l'écriture manuscrite compliquée et fatigante pour certains de nos élèves), ou en favorisant l'utilisation d'outils numériques pour nous documenter ou rechercher une image par exemple. De plus, les valeurs de cette génération étant la coresponsabilité, le partage et la collaboration (Desplats & Pinaud, 2015), les impliquer via les outils numériques est un des moyens de mettre en avant ces valeurs. Le fait d'amener les pairs à s'entraider et préférer la collaboration à la compétition favorise également un bon climat de classe et augmente l'expérience d'appartenance des élèves (J.-L. Gurtner, communication personnelle, 2 février 2022).

Dans son cours, C. Fahim nous indique également que cette génération préfère un accompagnement de proximité, offrant de l'autonomie sous une certaine surveillance et apprécie être considérée en tant qu'individu (communication personnelle, 3 mai 2022). Ces aspects correspondent tout à fait avec

notre cadre de travail, puisque les élèves qui arrivent à l'Unité de formation s'appêtent à entrer dans le monde du travail. Ainsi, bien qu'ils soient encadrés de manière individuelle, nous leur demandons d'assumer une plus grande autonomie que ce qu'ils ont généralement connu jusque-là dans leur cursus de formation obligatoire.

4.2 L'autodétermination

L'autodétermination est également un concept théorique qui permet de comprendre mon travail auprès de la population des jeunes de l'Unité de formation. En effet, la théorie de l'autodétermination avance que la qualité d'une expérience dépend du niveau de satisfaction de l'autonomie (faire ses propres choix), de la compétence (se sentir efficace) et de l'affiliation (se sentir proche des autres) (Deci et Ryan, 2000 ; Tay & Diener, 2011 ; Philippe, 2016 ; Brewin et al., 2010, cités par C. Fahim, communication personnelle, 4 mai 2022). Si ce sont également des aspects que nous favorisons déjà à l'Unité de formation, je peux constater que beaucoup d'élèves sortant de l'école obligatoire ou d'écoles spécialisés peinent à faire des choix aussi basiques soient-ils, comme choisir s'ils vont écrire au crayon de papier ou au stylo. Je me suis souvent posé la question de savoir quelle marge de liberté ils ont eu jusque-là dans leur scolarité et à quel point ils ont perdu l'habitude de choisir par eux-mêmes.

4.3 Canal auditif et visuel

Il est démontré qu'activer à la fois le canal auditif et le canal visuel pour recevoir une nouvelle information favorise une meilleure rétention et facilite le transfert de l'apprentissage (Guo & Robin, 2014 ; Zhan et al., 2016 ; Ibrahim et al., 2012, cités par C. Fahim, communication personnelle, 3 mai 2022). En être conscient et multiplier et varier autant que possible les modalités de transmission d'information est un plus dans notre travail à l'Unité de formation pour favoriser l'apprentissage des jeunes. Je rajouterais qu'en plus des deux canaux cités ci-dessus, on peut évidemment aussi solliciter le kinesthésique et le proprioceptif. Je constate dans le cadre de mon travail qu'il semble effectivement bénéfique de multiplier les canaux sensoriels et de les varier régulièrement, cela aide à maintenir leur attention.

4.4 Quatre filtres pour favoriser l'apprentissage

Afin d'accompagner au mieux les jeunes sous l'angle des neurosciences, Bourassa et al. (2017) proposent quatre filtres pour favoriser l'apprentissage. La fonction du premier filtre est d'installer une impression de plaisir. Dans le cadre de mon travail au Ceras, j'essaie autant que possible de faire des liens avec des sujets qui intéressent les jeunes ou de leur montrer un impact positif à aborder tel sujet. Le but du deuxième filtre est d'amener des portes d'entrées multisensorielles (cette mesure rejoint celle décrite dans le chapitre précédent, traitant du canal auditif et visuel).

Ensuite, le troisième prône le mouvement pour se réguler. Dans notre travail à l'Unité de formation, nous proposons de travailler debout si l'élève en ressent le besoin, ou offrons la possibilité de se déplacer, d'aller boire un verre d'eau à la cuisine ou encore de manipuler un objet. Nous pourrions probablement étoffer ces possibilités en proposant par exemple des balles pour s'asseoir, ou en travaillant parfois en mouvement. Pour finir, le quatrième filtre propose d'imaginer ses expériences pour projeter un possible. Avec les jeunes en difficultés d'apprentissage, lorsqu'ils stressent pour une certaine situation, j'aime faire le lien avec les sportifs qui se préparent mentalement avant une compétition et je les encourage à en faire de même pour se préparer.

Dans son cours, C. Fahim précise que chacun de ces quatre filtres détermine, à sa façon, ce à quoi le cerveau va porter attention. Pour ce faire, chaque filtre définit quelle chimie (neurotransmetteur, neuromodulateur, hormone) va opérer dans les aires mobilisées par une situation donnée.

Dans le but d'encourager les étudiants à activer les quatre filtres, C. Fahim propose qu'ils puissent transmettre à leurs pairs. Cela met en valeur leurs connaissances et démontre qu'ils ont la confiance d'un enseignant. De plus, cela leur permet de vérifier s'ils ont bien compris. En faisant confiance aux capacités des adolescents, on

sollicite de manière positive l'effet Pygmalion et leur permettons de surmonter la procrastination (C. Fahim, communication personnelle, 3 mai 2022). L'encouragement de l'adulte est essentiel pour apprendre. Prenons l'exemple d'un bébé qui apprend à marcher ; ses parents vont l'encourager et le féliciter pour le moindre progrès, au lieu de s'énerver dès qu'il tombe (M. Squillaci, communication personnelle, 24 novembre 2021).

Dans le cadre du travail à l'Unité de formation, les élèves sont régulièrement encouragés à reformuler la consigne entendue, afin de s'assurer de leur bonne compréhension, mais aussi pour encourager leur mise en mémoire.

4.5 Quatre piliers pour apprendre

Pour favoriser les apprentissages, M. Squillaci nous informe qu'il existe quatre piliers fondamentaux, dépendant des émotions. Le premier pilier est l'attention ; pour apprendre, un élève doit mobiliser son attention. Deuxièmement, il est nécessaire que l'étudiant soit actif dans ses apprentissages. Puis, il y a le feedback, il est primordial que l'élève sache si ce qu'il fait corresponde aux attentes et si ce n'est pas le cas qu'il trouve comment faire pour s'ajuster. Finalement, il y a la consolidation de l'apprentissage (communication personnelle, 24 novembre 2021).

Les spécificités des troubles développementaux impactent ces piliers

fondamentaux. Tout d'abord, en ce qui concerne le premier pilier, l'attention, il est important d'être conscient que nous ne pouvons pas réaliser deux tâches simultanément et c'est encore moins le cas pour les enfants « dys » ou en difficultés (Dehaene, s. d.). Quant au deuxième pilier, le fait d'être actif dans ses apprentissages, cela est d'autant plus important avec des personnes qui ont un trouble de l'attention, avec ou sans hyperactivité, notre pratique le démontre bien.

4.6 Neuroplasticité

Pour que les élèves aient l'opportunité de changer l'opinion qu'ils ont d'eux face aux apprentissages, il est essentiel qu'ils croient le changement possible. Pour cela, il me paraît important de leur transmettre des notions au sujet de la neuroplasticité ainsi que des biais cognitifs, deux aspects que je développe ci-dessous.

La neuroplasticité est la capacité de nos neurones à s'adapter selon nos expériences (C. Fahim, communication personnelle, 23 novembre 2021). Lorsqu'une personne prend connaissance de la plasticité de son cerveau et réalise qu'elle peut changer les choses, l'hippocampe peut s'activer et avoir un pouvoir d'action sur l'hypothalamus (Briguglio et al., 2018 ; Fields & Bukalo, 2020 ; Dubuc, s.d.).

Comprendre le fonctionnement de son cerveau n'est pourtant pas suffisant, il faut également savoir quelles stratégies mettre en

place pour le compenser (M. Squillaci, communication personnelle, 24 novembre 2021). C'est précisément le travail des ergothérapeutes à l'Unité de formation du Ceras, d'accompagner les élèves dans la recherche de stratégies afin de combler les difficultés qu'ils rencontrent et ainsi augmenter leur autonomie dans leurs apprentissages.

4.7 Biais cognitifs

Les biais cognitifs sont des manières de penser qui amènent à des jugements faussés. Nous en avons tous, et ils permettent de traiter un grand nombre d'informations rapidement et ce, tout au long de la journée, sans nous épuiser. L'inconvénient de ces biais est qu'ils créent des raccourcis de pensées et peuvent conduire à des évaluations biaisées. Ces distorsions cognitives influencent quotidiennement nos choix (Usabilis, s.d.). En effet, ils agissent comme des filtres et les individus ne vont prêter attention et valider que ce qu'il y a dedans (Apprendre la Psychologie, 2022).

Les biais cognitifs se construisent très tôt, déjà dans le Modèle Interne Opérateur® (MIO) entre 0 et 7 ans, mais se dévoilent ensuite entre l'âge de 12 et 25 ans. À partir de 12 ans, c'est aussi là qu'apparaît la mentalisation (C. Fahim, communication personnelle, 3 mai 2022), ce processus qui permet d'interpréter les réactions d'autrui et ainsi faciliter les relations interpersonnelles (Traitement basé sur la mentalisation, 2020).

Il existe plusieurs types de distorsions cognitives, dont voici un aperçu :

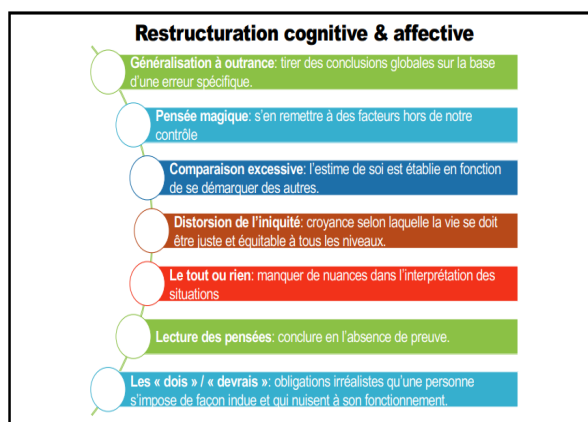


Figure 1: Exemples de distorsions cognitives

Comme l'illustre ce tableau, la nature des biais cognitifs est variée. Accompagner les jeunes dans leur prise de conscience de ceux qu'ils utilisent, leur permettrait d'ajuster leur jugement en connaissance de cause. Pour cela, il existe une manière ludique de le faire, via un jeu créé par S. Walter par exemple (Walter, 2022).

Dans ma pratique, les biais cognitifs qu'il me semble repérer le plus sont la généralisation à outrance, le tout ou rien et les croyances sur ce qui devrait être fait (les fausses obligations).

Un autre biais non mentionné ici, est le biais de confirmation. Il est très difficile de le faire changer, car il est lié à la mémoire épigénétique et transgénérationnelle (C. Fahim, communication personnelle, 3 mai 2022). Le biais de confirmation est le fait de chercher inconsciemment à confirmer une croyance que l'on a au lieu d'essayer de

l'invalider (S. Dieguez, communication personnelle, 11 janvier 2022).

Le fait de prendre conscience de ces biais cognitifs est très important, d'une part pour s'ouvrir à d'autres réalités et d'autre part pour permettre une meilleure gestion du stress. En effet, l'hippocampe, cette structure impliquée dans l'apprentissage et la mémoire (Neuromedia, 2022) est la seule partie capable d'arrêter la sensation de stress. Mais pour en être capable, cette région ne doit pas être remplie de biais cognitifs (Université McGill, *le cerveau à tous les niveaux*, cité par C. Fahim, communication personnelle, 4 mai 2022).

De plus, les distorsions cognitives font perdurer les émotions négatives (Beck & Burns cités par C. Fahim, communication personnelle, 3 mai 2022). Or, comme le présente C. Fahim (communication personnelle, 3 mai 2022), il est possible de restructurer l'intelligence émotionnelle. Pour cela, il est nécessaire de repérer les pensées (généralement automatiques) qui amènent à des distorsions cognitives, puis de les remplacer par des pensées plus réalistes et adaptées.

Plus précisément, C. Fahim relève 4 étapes pour une restructuration cognitive positive. La première est d'identifier les émotions négatives. Souvent, les personnes ayant une hypersensibilité émotionnelle ont tendance à cacher leurs émotions. Pourtant, cette

reconnaissance émotionnelle est importante pour développer une meilleure conscience des émotions. En deuxième lieu, il s'agit de mettre des mots sur le déclencheur de ladite émotion. Troisièmement, identifier la nature de la pensée automatique créée sur le coup de l'émotion. Et finalement, en se basant sur des observations concrètes voire des preuves, on peut générer des pensées alternatives en remplacement des pensées automatiques. Ci-dessous, ces 4 étapes sont illustrées dans l'ordre chronologique des événements.

Étape 2	Étape 3	Étape 1	Étape 4
Situation	Pensée(s) automatique(s)	Émotion(s) négative(s)	Pensée(s) alternative(s)

Figure 2: Etapes pour restructurer positivement une pensée

Comme l'illustre ce tableau, l'ordre chronologique du déroulement d'une situation ne coïncide pas avec l'ordre des étapes pour restructurer positivement une pensée. En effet, ce n'est qu'à la troisième étape de la situation qu'intervient le début du processus du changement, en commençant par identifier les émotions.

4.8 Liens avec le stress

En amenant les adolescents à prendre conscience et à s'ancrer à leurs cinq sens, le thalamus sera impacté puisque c'est lui qui rassemble les informations de nos cinq sens et les redistribue dans le cerveau. Son rôle peut être comparé à celui d'une centrale téléphonique. Par exemple, en cas de stress, une partie du thalamus nommée

hypothalamus envoie un signal aux glandes surrénales via l'hypophyse, de fabriquer et délivrer des hormones de stress tel le cortisol. Un surplus de cortisol oblige à synthétiser plus de glucose et à emmagasiner de plus en plus des aliments gras, car le cerveau se prépare à affronter un *monstre* et souhaite donc faire le poids physiquement. Ce phénomène peut amener à comprendre en partie la mauvaise alimentation de certains jeunes. De plus, si le corps reste dans un état de stress et que rien n'est fait pour retrouver plus de calme, le cerveau demande une récompense qui peut être de manger plus, de boire plus d'alcool ou de passer plus de temps à jouer aux jeux vidéo (d'après le cours de C. Fahim, communication personnelle, 4 mai 2022).

Pour aider les apprentis à augmenter leur connexion à leur corps, on peut s'inspirer d'un exercice vu en cours (*Monsieur Polisson*) et suggérer de décrire les sensations physiques ressenties lors d'une situation difficile, de nommer les émotions qu'ils ont pu avoir à ce moment-là, de verbaliser les pensées qu'ils ont eu et les éventuelles paroles qu'ils ont pu dire sur le moment. Cela peut être fait pour une situation passée qu'ils relatent, ou lorsqu'ils arrivent émotionnellement chargés à l'Unité de formation. Il est alors intéressant de les aider à se connecter à leur corps pour observer ce qu'ils ressentent et nommer leurs émotions. Cela permet généralement de bien désamorcer l'émotion et ainsi d'aborder le travail dans de meilleures dispositions.

4.9 Impact de l'alimentation

Dans son cours, C. Fahim nous informe que chaque aliment contient des neurotransmetteurs (communication personnelle, 23 novembre 2021). Il est donc important de diversifier ce que l'on mange (C. Fahim, communication personnelle, 4 mai 2022). Je vous présente ici cinq groupes d'aliments contenant chacun un certain neurotransmetteur. Commençons par les nutriments riches en acétylcholine, responsable de la mémorisation ; parmi eux il y a les aubergines, les courgettes, les épinards, les fraises sauvages, les oranges, les petits pois et les radis. Ceux présentant du glutamate, qui aide aux capacités d'apprentissage sont le caviar, les champignons, les chips, les épinards, les fromages, les fruits de mer, le salami et les produits à base de tomates. La troisième catégorie concerne les aliments riches en GABA, un neurotransmetteur inhibiteur qui ralentit l'activité cérébrale comme nous l'apprend C. Fahim (communication personnelle, 23 novembre 2021). Dans cette catégorie, se trouvent les champignons, les châtaignes, les épinards, les petits pois, le riz et les tomates. Les aliments contenant de la dopamine, impliquée notamment dans la motivation, la mémorisation et le système de récompense (Maad Digital, 2020), sont les aubergines, les avocats, les bananes, les épinards, les oranges, les petits pois, les pommes et les tomates. Finalement, parmi les nutriments riches en sérotonine, responsable de l'humeur et des apprentissages, il y a les ananas, les bananes, le café, les chicorées,

les choux chinois, les épinards, les fraises, les fruits de la passion, les kiwis, les noisettes, les pommes de terre, les pruneaux et les tomates (Briguglio et al., 2018).

Revenons-en au glutamate ; ce neurotransmetteur impliqué dans les apprentissages, notamment parce qu'il joue un rôle important dans la survie des nouveaux neurones dans l'hippocampe (Damasio et al., 2013; Damasio & Carvalho, 2013 ; Tashiro et al., 2006), est le plus excitateur du cerveau. Chez les adolescents, la vitesse de transmission neuronale passe de 1 mètre à 150 mètres par seconde sous l'influence des hormones sexuelles. Ce phénomène explique leur plus grand besoin en glutamate et ce n'est probablement pas un hasard si le red bull et les nouilles toutes prêtes sont tant prisés par les adolescents, puisque ces deux préparations sont riches en glutamate. Ainsi, c'est un peu comme si les jeunes faisaient leur propre médication. Les aider à prendre conscience de leur ressentis corporels les amènerait à reconnaître quand ils ont réellement besoin de ces produits forts en glutamate et quand cela n'est pas nécessaire. Car l'important dans une alimentation, c'est de varier, et pour cela, les aider à faire des liens entre leurs ressentis et leurs besoins est aidant (C. Fahim, communication personnelle, 4 mai 2022). Une alternative plus saine serait de prendre du *vitasprint* qui contient du glutamate et des vitamines B12 (C. Fahim, communication personnelle, 13 octobre 2021).

4.10 Les marqueurs somatiques

Selon la théorie des marqueurs somatiques proposée par Damasio, une situation vécue positivement amène le cerveau à y prêter attention chaque fois qu'une situation semblable se présentera. Toute expérience plaisante est connotée de « stimulus compétent » et favorise l'arrivée de dopamine, neurotransmetteur qui amène de la détente au cerveau (Damasio et al., 2013; Damasio & Carvalho, 2013). Ainsi, dans le cadre du travail effectué à l'Unité de formation, il est important de favoriser les émotions positives dans les apprentissages, afin que les étudiants puissent améliorer leur attention lors de futures situations d'apprentissage. En ce sens, l'année d'orientation est un bon terrain d'entraînement avant d'entamer une formation certifiante.

4.11 La motivation

Le circuit de la motivation est le même que celui de la dépendance, nous indique C. Fahim, comme l'illustre l'image ci-dessous.



Figure 3: Circuit de la motivation identique à celui de la dépendance.

Cette représentation démontre que le circuit de la motivation est identique à celui de la dépendance. Dans les deux cas, il s'agit d'abord de se connecter à son corps, en relevant les émotions ressenties. À ce stade, c'est le système limbique ou *cerveau des émotions* qui est impliqué. Une fois les émotions identifiées, les nommer aide à les apprivoiser, comme écrit ci-dessus en lien avec le stress. Puis, parler de son vécu contribue à la compréhension des émotions ressenties. Ici, c'est l'hippocampe qui est sollicité. Ensuite, il est également important de bouger pour activer le cortex moteur et les noyaux gris centraux. Finalement, une importante partie se joue dans le cortex préfrontal, car c'est grâce à lui qu'on apprend à se recentrer (communication personnelle, 3 mai 2022).

Une étude de la Harvard University (cité par C. Fahim, communication personnelle, 3 mai 2022) va également dans ce sens, en encourageant les jeunes à identifier ce qui a provoqué chez eux une émotion, puis en leur transmettant des façons d'anticiper une réaction émotionnelle. En effet, s'ils parviennent à repérer les éléments déclencheurs d'émotions et à agir en amont, ils parviendront à une meilleure maîtrise d'eux-mêmes et à réguler leur état émotionnel. Dans les différentes manières d'agir, nous pouvons proposer d'inspirer profondément, de

prendre un moment pour réfléchir ou encore de se focaliser sur les objectifs à long terme. Cette étude rappelle également que le cortex préfrontal qui régule les affects n'a pas encore atteint son entière maturité à l'adolescence.

Selon C. Fahim, il est important d'encourager les jeunes à tester de nouvelles activités et à découvrir leurs passions, car cela permet de renforcer leur identité, de prévoir à plus long terme et d'agir selon un objectif. Elle rappelle également que la motivation est un processus largement émotif impliquant le neurotransmetteur de la dopamine au sein du système de récompense du cerveau. Et la motivation découle de l'émotion, car un individu agit pour éprouver du plaisir ou pour fuir une situation déplaisante. L'émotion ressentie après une action, qu'elle soit réussie ou non, dépend fortement de l'éducation parentale reçue. La théorie des petits pas est préconisée pour amorcer un changement positif. Un adolescent peut avoir tendance à se comparer à ses pairs et à intérioriser des réflexions négatives à son égard et dans ses interactions avec les autres. Aider les jeunes à se remémorer de petits souvenirs positifs peut les amener à prendre conscience que même de petits actes peuvent faire la différence. C. Fahim rappelle également que les neurones – en s'activant conjointement – se connectent les uns aux autres, et la répétition des actions va renforcer ces connexions (communication personnelle, 3 mai 2022).

Le Réseau de réussite Montréal (s.d.), complète que certains éléments favorisent la motivation et l'engagement des élèves à l'école. Parmi eux, il y a le fait de sentir qu'ils ont les compétences pour réaliser ce qui est attendu, le fait qu'ils accordent de la valeur à la tâche, parce qu'ils en comprennent l'utilité ou l'importance par exemple. Il est également important pour renforcer la motivation et l'engagement des élèves, qu'ils puissent réaliser ce qui leur est demandé de façon libre et sans pression, ni externe, ni interne ; il est bénéfique qu'ils puissent faire des choix quant à leurs actions et se sentir pro acteurs dans ce qu'ils réalisent. Finalement, la perception de contrôle (faire le lien entre leurs efforts et leurs réussites) ainsi que le sentiment d'appartenance (se sentir appréciés pour qui ils sont, percevoir qu'ils sont à leur place, qu'ils se sentent appartenir à un groupe et que leur entourage croit en leurs capacités d'apprentissages) augmentent également leur part de motivation et d'engagement. Il est aussi à relever que la motivation est fluctuante et ne peut pas être tout le temps à son maximum. Elle va varier selon les circonstances et l'influence des différents éléments cités précédemment. Cependant, il est déconseillé de tenter de motiver une personne par des récompenses ou pénalités. En effet, cela fournirait au sujet un motif de motivation externe avec le risque que la personne s'implique plus pour répondre à la pression de la performance que par plaisir d'apprendre, ce qui n'est pas tenable à long terme.

Avec l'âge, les personnes ont besoin d'avoir un but, de savoir pourquoi elles font une tâche et à quoi ça sert (C. Fahim, communication personnelle, 12 janvier 2022). C'est l'une des explications de la diminution de la motivation à l'adolescence. Si la personne ne voit pas de sens à ce qu'elle réalise, elle ne sera pas motivée et va par conséquent moins s'investir.

Par ailleurs, bien que l'élève soit la personne centrale liée à sa motivation et son engagement, les personnes qui l'entourent ont également un grand impact sur ces aspects. Plus particulièrement, les enseignants et le climat en classe font partie des facteurs les plus influents sur les compétences de l'élève, ainsi que sur sa motivation et son engagement. En ce qui concerne les personnes qui ont des difficultés d'apprentissage, elles doutent plus fréquemment de leurs capacités et ne se sentent pas à la hauteur de réussir, à cause des échecs qu'elles ont pu vivre (Réseau de réussite Montréal, s.d.).

Ainsi, le comportement des enseignants et plus particulièrement leur motivation sont très importants dans l'enseignement. En effet, les adolescents ont de bons neurones miroirs et vont sentir si un enseignant n'est pas motivé, dans quel cas ils ne le seront pas non plus. Ils ont besoin de sincérité dans leurs apprentissages (C. Fahim, communication personnelle, 8 mars 2022).

De son côté, J-L. Gurtner (communication personnelle, 2 février 2022) nous transmet que la notion de plaisir est également importante, qu'elle est la base de la motivation selon les neurosciences. La motivation vient pour essayer de retrouver un état de plaisir éprouvé une fois suite à un certain comportement. Dans un tel état, le corps libère de la dopamine qui va irradier dans tout le système nerveux supérieur et médian pour tenter de revivre cet état de plaisir. Ce neurotransmetteur est produit par la substance noire, une toute petite zone dans le cerveau.

L'individu comprend vite que c'est un comportement qui est à l'origine d'un certain plaisir et va alors faire en sorte de le reproduire.

4.12 Mise en pratique

Après l'exposition ci-dessus des aspects que j'ambitionne d'appliquer au quotidien dans ma pratique, voici la description d'une adaptation plus concrète réalisée dans le cadre du groupe « Stratégies d'apprentissage », normalement donné par l'un de mes collègues ergothérapeutes aux apprentis en année d'orientation.

Les élèves en année d'orientation sont au nombre de cinq cette année, mais lors de la réalisation de ce projet, un était absent. Ainsi, cet échange s'est fait avec quatre des cinq jeunes en AO. Ils ont entre 15 et 18 ans et viennent à l'Unité de formation (UF) depuis la

rentrée scolaire d'août 2022. Du fait de leurs difficultés, tous bénéficient de mesures professionnelles octroyées par l'office de l'Assurance Invalidité, leur permettant d'être soutenus par l'UF durant leur phase d'orientation puis tout au long de leur apprentissage. L'année d'orientation permet de consolider les bases scolaires tout en mettant sur pied un projet de formation adapté aux capacités de chacun. Les sept premières semaines (depuis la rentrée du mois d'août jusqu'au vacances d'automne), les élèves en année d'orientation sont à plein temps à l'UF. Puis, ils partent en stage pour des périodes idéalement d'un mois dans différents domaines, leur permettant d'avoir un aperçu de plusieurs métiers et de mettre en avant leurs compétences, ce qu'ils apprécient ou au contraire déprécient. Sur la base de ces expériences, leur projet professionnel se construit pas à pas et leur permet généralement de décrocher une place d'apprentissage pour la rentrée scolaire suivante.

Avant de transmettre des notions sur le fonctionnement général du cerveau, j'ai choisi de leur faire passer un questionnaire (voir Annexe A). Le but de cette passation était de voir les connaissances qu'ils ont du cerveau, mais aussi d'évaluer leur estime d'eux de manière générale, puis plus spécifiquement face aux apprentissages, ainsi que leur niveau de stress avant un travail écrit annoncé. Parmi les items à remplir, il y avait d'abord un espace pour dessiner le cerveau tel qu'ils se le

représentent, en complétant par des mots clés relatifs. Je leur demandais ensuite – toujours via le questionnaire – de décrire les particularités de leur cerveau, liées à leur diagnostic et d'inscrire comment ils pensent qu'elles influencent leur fonctionnement cérébral. Finalement, trois échelles d'évaluation allant de 0 à 10 (0 étant le plus bas, 10 étant le plus élevé) étaient à compléter. La première leur demandait d'évaluer leur estime d'eux de manière générale. La deuxième concernait l'estime d'eux plus spécifiquement face aux apprentissages. Et la troisième proposait de situer leur niveau de stress avant un travail écrit annoncé. Partir de leurs représentations était un moyen de les impliquer dans un nouvel apprentissage.

Après la passation de ce questionnaire, nous avons vu ensemble la représentation d'un cerveau et de ses différents lobes. Les schémas utilisés comportant de nombreuses couleurs pour représenter les lobes, j'ai complété avec un support photo plus anatomique d'un cerveau, afin de m'assurer qu'ils n'imaginent pas un cerveau multicolore à l'intérieur d'eux. Nous avons vu le nom des différents lobes et leur fonction. Pour illustrer ensuite les particularités d'un cerveau en cas de trouble spécifique des apprentissages, nous avons pris l'exemple d'un trouble spécifique en lecture (dyslexie). Cela a permis de montrer comment le cerveau s'adapte et sait créer de nouvelles connexions, et quelles répercussions il peut y avoir à ce que le

cheminement cérébral passe par un autre lobe (dans le cas présent, le fait que la voie de lecture passe par le lobe pariétal où se trouvent notamment la créativité et l'imagination). Ce que je souhaitais leur transmettre à travers cet exemple, est qu'il y a des aspects positifs à être *câblé* différemment. Nous avons également évoqué les cas d'accident vasculaire cérébraux et comment les personnes accidentées peuvent créer de nouvelles connections cérébrales afin de pouvoir à nouveau bouger une partie de leur corps. Cela a permis d'enchaîner sur l'importance de faire des nouvelles expériences et d'être dans la contemplation, puisque cela a la capacité d'augmenter la quantité de matière blanche et donc la rapidité de la transmission des informations dans notre cerveau (C. Fahim, communication personnelle, 12 octobre 2021). Afin de les aider à faire un lien plus concret avec leur vie quotidienne, j'ai proposé différents exemples, comme le fait de regarder plus attentivement un immeuble sur leur chemin d'école, ou d'emprunter une fois un autre trajet et sortir de leurs habitudes.

Nous avons ensuite abordé le thème de l'alimentation. Ils avaient déjà visionné deux jours auparavant un documentaire paru en 2020 sur Arte s'intitulant « *Bien alimenter son cerveau* ». J'ai commencé par expliquer ce qu'est un neurotransmetteur avant de préciser que tout ce que nous mangeons en contient (C. Fahim, communication personnelle, 23 novembre 2021). Pour illustrer mes dires, j'ai

placé trois feuilles sur la table, une illustrant les aliments contenant de la dopamine (hormone du bonheur), une autre ceux comportant de la sérotonine (régulation des comportements, des apprentissages) et une représentant la nourriture qui est source de GABA (inhibiteur). Rapidement, ils ont identifié que les épinards et les tomates apparaissent dans chacune des trois catégories. Ensuite, nous avons vu comment se créent de nouvelles connexions synaptiques lors d'un apprentissage et pourquoi il est plus bénéfique de réviser régulièrement un petit moment une matière plutôt qu'une fois un long moment. Afin d'imager mes propos et favoriser l'utilisation à la fois du canal auditif et visuel, j'ai utilisé l'image ci-dessous comme support visuel :

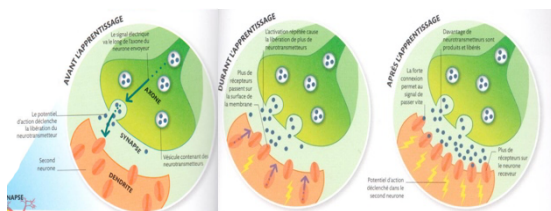


Figure 6 : Échanges inter synaptiques lors d'un apprentissage. Houston (2021).

Cette image montre les interactions inter synaptiques avant, durant et après l'apprentissage. On constate sur la représentation de gauche, en phase de préapprentissage, qu'une faible connexion a lieu entre les neurones. Quelques neurotransmetteurs passent du premier neurone (illustré en vert) au deuxième (illustré en orange). Au milieu, durant une phase d'apprentissage, les deux neurones se

déchargent en même temps, ce qui impacte positivement le second neurone, dans lequel des récepteurs supplémentaires se déplacent à son extrémité (représentés par les flèches violettes). Cela provoque un signal qui retourne vers le premier neurone, lui demandant de créer plus de neurotransmetteurs. Finalement, l'illustration de droite représente les échanges entre neurones après un apprentissage. On constate qu'il y a plus de neurotransmetteurs qui sont libérés par le premier neurone et qu'ils sont réceptionnés par plus de récepteurs présents dans le deuxième neurone. Ce phénomène permet aux informations de transiter plus rapidement (Houston, 2021).

Après avoir abordé ces différentes notions, j'ai redistribué aux élèves en année d'orientation un questionnaire identique à celui rempli au début. Mon but était de pouvoir comparer leurs connaissances au sujet du cerveau et l'impact sur leur estime d'eux avant et après avoir discuté de ces différents thèmes. Finalement, je leur ai proposé de représenter un cerveau en 3D à l'aide de pâte à modeler. Si initialement j'avais prévu de leur demander de faire une couleur par lobe puis de représenter symboliquement la fonction de chaque lobe par un objet, sur le moment j'ai décidé de laisser beaucoup plus libre en leur demandant simplement de représenter un cerveau, car j'ai senti une certaine fatigue cognitive chez eux.



Figure 7 : Représentations des cerveaux réalisés en pâte à modeler par les élèves en AO.

4.13 Partie critique

Les objectifs pratiques de ce travail étaient de tisser des liens entre les neurosciences de l'éducation et la pratique sur mon lieu de travail, afin d'accompagner les jeunes adultes avec difficultés d'apprentissage dans la réhausse de leur estime d'eux-mêmes dans les apprentissages et ainsi favoriser leurs enseignements théoriques.

Je dirais qu'une partie de cet objectif est atteint, puisque cela m'a permis d'insérer un aperçu des neurosciences dans ma pratique quotidienne et de conforter certains éléments qui étaient déjà en place. Cependant, j'ai l'impression que l'étendue est vaste et qu'il y a encore tellement de liens à faire et à concrétiser. Par exemple, en ce qui concerne les supports utilisés, je me suis rendue compte en voyant les élèves en année d'orientation moins attentifs en fin d'échange, que les expériences sont à favoriser pour faire vivre et ressentir aux élèves ce qu'on souhaite leur faire passer, plutôt que d'être toujours dans le verbal et le visuel. Pour cela, il pourrait être bénéfique d'introduire des activités proposées par la boîte à outil Go/Nogo® (C. Fahim,

communication personnelle, 1^{er} février 2022) telles que vue durant la formation. Ce modèle théorique appuyé sur les neurosciences est prévu pour l'accompagnement des personnes entre douze et plus de 18 ans. Ces âges concernent l'âge du développement de la personne, il est donc tout à fait possible de les utiliser avec une personne plus âgée, si elle n'a pas acquis ces étapes de développement. Go/Nogo® vise l'accompagnement par la mentalisation et le comportement social (C. Fahim, communication personnelle, 1^{er} février 2022). Cette partie théorique est complétée par une série d'exercices inspirés par le *Programme d'aide au développement et à l'apprentissage des habiletés sociales*.

Plus concrètement, cela pourrait être de faire vivre l'activité nommée « Pas de recul ». Cette dernière consiste à proposer aux adolescents de regarder une image placée très proche d'eux, à environ 2 cm (le livret d'activité propose une image de forêt). Ensuite, demander aux participants de décrire la même image en prenant la distance qu'ils souhaitent. Le but d'une telle activité est de leur faire comprendre qu'il est nécessaire de s'arrêter, de reculer et d'avoir une vision d'ensemble de ce qui est demandé avant de foncer tête baissée trop hâtivement.

5. CONCLUSION

Les pistes de mise en pratique proposées ci-dessus me paraissent pertinentes et applicables dans mon quotidien. Certains éléments étaient déjà en place à l'Unité de

formation professionnelle du Ceras, comme le fait de favoriser la responsabilité des élèves, l'entraide entre eux dans un esprit de collaboration et non de compétition, un accompagnement de proximité et considérer chaque jeune individuellement avec ses propres spécificités et son propre projet de formation professionnelle.

L'accompagnement dans le cadre de l'UF se fait aussi en favorisant un maximum d'autonomie de la part des élèves, ce qui est apprécié par la génération C. Les éléments présentés dans les quatre piliers pour apprendre sont également pratiqués. Bien que ces pratiques étaient déjà en place, il est confortant et motivant de savoir qu'elles ont appuyées par les neurosciences.

Une des limites de cet écrit, est qu'il n'aborde que les particularités des troubles spécifiques des apprentissages en lecture (dyslexie) et le trouble du déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité. Je pensais d'abord y insérer d'autres spécificités, comme les troubles spécifiques des apprentissages en maths (dyscalculie) et troubles de la communication (dysphasie), mais il m'a semblé plus pertinent d'approfondir deux troubles plutôt que m'égarer sur davantage, sachant que l'essentiel est de mettre en lumière la plasticité.

Une autre limite que je perçois dans ce travail concerne l'échange avec les jeunes en année d'orientation, et plus spécifiquement aux trois échelles à remplir sur le questionnaire. En

effet, entre le questionnaire qu'ils ont rempli au début de l'activité et celui qu'ils ont rempli à la fin, ils évaluent leur estime d'eux de la même manière, que ce soit d'un point de vue général ou plus spécifiquement face aux apprentissages. Cependant, l'échelle du niveau de stress avant un travail écrit annoncé a été cotée plus basse chez deux d'entre eux (d'environ deux points sur dix) après ce moment d'échange. Par après, j'ai réalisé qu'il est utopique de quantifier ainsi l'estime de soi qui, comme déjà relevé dans ce travail, est multiple.

À travers ces nouveaux apprentissages et leur mise en pratique, j'espère pouvoir accompagner au mieux les adolescents concernés à connaître plus précisément le fonctionnement d'un cerveau et ses capacités de neuroplasticité et à réaliser le pouvoir qu'ils ont face aux apprentissages. Conséquemment, j'espère que cela puisse les aider à rehausser l'estime qu'ils ont d'eux et ainsi les motiver davantage face à de nouveaux défis, notamment liés à leur formation.

Il m'est difficile actuellement d'évaluer les retombées de ce travail de manière quantifiable et objective. Toutefois, j'ai pu constater à travers les questionnaires distribués, que leur représentation du cerveau a évolué entre le début et la fin de l'activité. Par ailleurs, ce qui a semblé le plus intéresser les élèves en année d'orientation est la neuroplasticité, donc le fait que le cerveau

puisse créer de nouveaux chemins pour compenser une zone cérébrale qui va moins bien. De manière subjective donc, j'espère que ces échanges ont été bénéfiques et permettent à ces jeunes de faire face différemment à de nouveaux apprentissages. Autrement, j'ai eu de bons retours de la part de mes collègues, quant à un jeune déjà en formation qui peinait à se mobiliser pour apprendre régulièrement les notions théoriques inhérentes à son apprentissage. J'avais profité de la discussion avec les jeunes en année d'orientation pour lui montrer les échanges entre neurones lors d'un apprentissage et cela a semblé l'impacter et le motiver à réviser plus régulièrement.

Finalement, le fait d'exposer les aspects théoriques des neurosciences m'a permis de clarifier les mécanismes mis en œuvre dans l'accompagnement des jeunes et donc d'y être plus attentive. À présent, je fais plus facilement des liens entre ma pratique à l'Unité de formation professionnelle du Ceras et les notions théoriques appuyées par les neurosciences.

Pour la suite, j'envisage de mettre en pratique les activités proposées par la boîte à outil Go/Nogo®. Cela permettra de développer leurs habiletés sociales en passant par l'expérimentation. Plus concrètement, les activités de ce programme pourront se faire lors du colloque hebdomadaire qu'ont les jeunes en année d'orientation et/ou lors du groupe stratégies d'apprentissage. Le

colloque des apprentis est un moment d'échanges qui contient de la culture générale et des interactions au sujet de leurs stages et de l'avancement de leur projet professionnel. Pour favoriser de telles mises en pratique, j'entrevois de poursuivre les échanges avec mes collègues, de continuer à partager et de mettre à disposition le précieux matériel reçu lors de cette formation.

6. REFERENCES

- Apprendre la Psychologie. (2022). *Apprendre les TCC : Découvrir les Thérapies Comportementales, Cognitives et Emotionnelles*. <https://tcc.apprendre-la-psychologie.fr/biais-cognitifs.html>
- Association nationale pour les enfants intellectuellement précoces. (s.d.). *Les troubles neurodéveloppementaux*. <http://www.anpeip.org/men-dys-et-hp/1055-art-les-troubles-neuro-developpementaux>
- Boucher, O., Citherlet, D., Ghaziti, J., Hébert-Seropian, B., Von Siebenthal, Z., & Nguyen D. K. (2017). *Insula : neuropsychologie du cinquième lobe du cerveau*. <https://www.cairn.info/revue-de-neuropsychologie-2017-3-page-154.htm>.
- Bourassa, M., et al. (2017). Chapitre 9. La dimension chimique et ses filtres – Le coin de la réflexion. Dans M. Bourassa, M. Menot-Martin & R. Pillion (Dir). *Neurosciences et éducation: pour apprendre et accompagner*, (197-225). Louvain-la-Neuve, Belgique: De Boeck Supérieur.
- Bourgeois, J.-P. (2005). Synaptogenèses et épigenèses cérébrales. *Médecine/sciences*, 21(4), 428-433. <https://doi.org/10.1051/medsci/2005214428>
- Briguglio, M., Dell'Osso, B., Panzica, G., Malgaroli, A., Banfi, G., Zanaboni Dina, C., Galentino, R., & Porta, M. (2018). Dietary Neurotransmitters : A Narrative Review on Current Knowledge. *Nutrients*, 10(5), 591. <https://doi.org/10.3390/nu10050591>
- Ceras. (2016). *Fondation du Ceras*. <https://www.ceras.ch/Fondation/Default.aspx>
- Côté, C., & Le Blanc, A. (2016). *Pratique intégrant la notion de trauma : Trousse de soutien*

- auprès des enfants 0-11 ans*. CIUSSS Centre-Sud-de-l'Île-de-Montréal : Centre d'expertise sur la maltraitance.
- Damasio, A., & Carvalho, G. B. (2013). The nature of feelings : Evolutionary and neurobiological origins. *Nature Reviews Neuroscience*, 14(2), 143-152. <https://doi.org/10.1038/nrn3403>
- Damasio, A., Damasio, H., & Tranel, D. (2013). Persistence of Feelings and Sentience after Bilateral Damage of the Insula. *Cerebral Cortex*, 23(4), 833-846. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhs077>
- Définitions360. (2022). *Types de recherche*. <https://www.definitions360.com/recherche/r/>
- Dehaene, G. (s.d.) *Mon cerveau à l'école : quelques éléments de sciences cognitives pour les enseignants et les parents*. <https://moncerveaualecole.com/introduction-a-la-neuro-education-et-aux-enfants-dys/>
- Dehaene, S. (s.d.). *Les grands principes de l'apprentissage*. Collège de France et Université INSERM-CEA de Neuro NeuroSpin Center, Saclay, France www.unicog.org. Consulté 19 octobre 2022, à l'adresse [https://www.college-de-france.fr/media/stanislas-dehaene/UPL4296315902912348282_De haene_GrandsPrincipesDeLApprentissage_CollegeDeFrance2012.pdf](https://www.college-de-france.fr/media/stanislas-dehaene/UPL4296315902912348282_De%20haene_GrandsPrincipesDeLApprentissage_CollegeDeFrance2012.pdf)
- Desombre, C., Bailleul, M., Baeza, C., & Brasselet, C. (2017). *Motivation des élèves de lycée professionnel*.
- Desplats, M. & Pinaud, F. (2015). Chapitre 12. Les Z et le management 3.0. Dans M. Desplats & F. Pinaud (Dir), *Manager la génération Y* (pp. 209-222). Paris: Dunod.
- Dubuc, B. (s.d.). *Les neurones*. Le cerveau à tous les niveaux. https://lecerveau.mcgill.ca/flash/d/d_01/d_01_cl/d_01_cl_ana/d_01_cl_ana.html
- Eicher, J.-D., et al. (2016). Pediatric Imaging Neurocognition Genetics Study. Dyslexia and language impairment associated genetic markers influence cortical thickness and white matter in typically developing children. *Brain Imaging Behav*, 1(1), 272-82. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2015.04.057>
- Fahim, C. (2022). PRESENCE enracinée dans le cerveau par une prédisposition génétique et tissée par l'épigénétique. *Cortica* 1(1) 1-3 <https://doi.org/10.26034/cortica.2022.1779>
- Fahim, C. (2022). PRESENCE d'une Prédisposition : Premier épisode d'une série de huit épisodes sur le cerveau. *Cortica* 1(2) 464-492 <https://doi.org/10.26034/cortica.2022.3344>
- Fields, R. D. (2010). Change in the Brain's White Matter. *Science*, 330(6005), 768-769. <https://doi.org/10.1126/science.1199139>
- Fields, R. D. (2015). A new mechanism of nervous system plasticity : Activity-dependent myelination. *Nature Reviews Neuroscience*, 16(12), 756-767. <https://doi.org/10.1038/nrn4023>
- Fields, R. D., & Bukalo, O. (2020). Myelin makes memories. *Nature Neuroscience*, 23(4), 469-470. <https://doi.org/10.1038/s41593-020-0606-x>
- Giroux, P. & Freiman, V. (2022). Faire le point sur les compétences du 21^e siècle. *Revue hybride de l'éducation*, 5(2), i-ix. <https://doi.org/10.1522/rhe.v5i2.1371>
- Gogtay, N., Giedd, J. N., Lusk, L., Hayashi, K. M., Greenstein, D., Vaituzis, A. C., Nugent, T. F., Herman, D. H., Clasen, L. S., Toga, A. W., Rapoport, J. L., & Thompson, P. M. (2004). Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101(21), 8174-8179. <https://doi.org/10.1073/pnas.0402680101>
- HEC Montréal, Centre de formation en langues des affaires. (2021). *Rédiger un plan, une introduction et une conclusion*. https://ernest.hec.ca/video/cours/CFLA/valorisation_francais/modules-dautoformation/content/index.html
- Houdé, O. (2019). Sciences cognitives, neurosciences et éducation. *Futuribles*, 428, 43-51. <https://doi.org/10.3917/futur.428.0043>
- Houston, R. (2021). *Le cerveau, comment ça marche ? Les faits clairement expliqués*. Trédaniel.
- Inserm. (2019). *Troubles des apprentissages : quand le cerveau DYSfonctionne*. <https://www.inserm.fr/actualite/troubles-apprentissages-quand-cerveau-dysfonctionne>
- Lambert, P. (2006). La plasticité cérébrale. *Sciences Humaines*, 167, 52-52. <https://doi.org/10.3917/sh.167.0052>
- Luna, B., Thulborn, K. R., Munoz, D. P., Merriam, E. P., Garver, K. E., Minshew, N. J., Keshavan, M. S., Genovese, C. R., Eddy, W. F., & Sweeney, J. A. (2001). Maturation of Widely Distributed Brain Function Suberves Cognitive Development. *NeuroImage*, 13(5), 786-793. <https://doi.org/10.1006/nimg.2000.0743>

- Maad Digital. (2020). *Neurotransmetteurs et substances psychoactives 5 : Dopamine*. <https://www.maad-digital.fr/dossiers/neurotransmetteurs-et-substances-psychoactives-5->
- Masson, S. (2020). *Activer ses neurones pour mieux apprendre et enseigner*. Odile Jacob.
- Matsuzawa, J. (2001). Age-related Volumetric Changes of Brain Gray and White Matter in Healthy Infants and Children. *Cerebral Cortex*, 11(4), 335-342. <https://doi.org/10.1093/cercor/11.4.335>
- Mongin, M. & Mohib, N. (2019). Accompagner la prise de conscience des compétences dans un dispositif d'insertion professionnelle des jeunes : regards de formatrices. *Phronesis*, 8, 85-97. <https://www.cairn.info/revue--2019-3-page-85.htm>.
- Pasquinelli, E. (2019). Éducation : du bon usage des sciences cognitives: Réflexions épistémologiques et éthiques. *Futuribles*, 428, 63-72. <https://doi.org/10.3917/futur.428.0063>
- Pisupati, S., Chartarifsky, L., & Churchland, A. K. (2016). Decision Activity in Parietal Cortex – Leader or Follower? *Trends in Cognitive Sciences*, 20(11), 788-789. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2016.09.005>
- Plaza, M. (2004). Les troubles du langage de l'enfant. Hypothèses étiologiques spécifiques, perspective intégrative. *Neuropsychiatrie de l'Enfance et de l'Adolescence*, 52(7), 460-466. <https://doi.org/10.1016/j.neurenf.2004.09.002>
- Quality Training, (s.d.). *Neurosciences : 8 éléments qui facilitent l'apprentissage*. <https://qualitytraining.be/neurosciences-8-elements-qui-facilitent-lapprentissage/>
- Réseau réussite Montréal. (s.d.). *Les ingrédients de la motivation et de l'engagement*. <https://www.reseautreussitemontreal.ca/les-ingredients-de-la-motivation-et-de-lengagement/>
- Roques. (s.d.). *Généralités sur le TDAH de l'adulte : comment fonctionne le cerveau du TDAH ?* <https://www.ergo-tDAH.com/fonctionnement>
- Rosenberg, M. (1979). *Conceiving the self*. New York, NY: Basic Books
- Sousa, D., & Tomlinson C. A. (2013). *Comprendre le cerveau pour mieux différencier*. Chenelière Education.
- Tardif, E., et Doudin, P.-A. (2010). Neurosciences cognitives et éducation : le début d'une collaboration. *Formation et pratiques d'enseignement en questions : revue des HEP de Suisse romande et du Tessin*, 12, 99-120.
- Tashiro, A., Sandler, VM., Toni, N., et al. (2006). NMDA-receptormediated, cell-specific integration of new neurons in adult dentate gyrus. *Nature* ; 442 : 929-33.
- Teicher, M. H., Dumont, N. L., Ito, Y., Vaituzis, C., Giedd, J. N., & Andersen, S. L. (2004). Childhood neglect is associated with reduced corpus callosum area. *Biological Psychiatry*, 56(2), 80-85. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2004.03.016>
- Tous à l'école. (2015). *Dyslexie et dysorthographe*. <https://www.tousalecole.fr/content/dyslexie-et-dysorthographe>
- Tous à l'école. (2015). *Trouble Déficit de l'Attention avec ou sans Hyperactivité (TDA/H)*. <https://www.tousalecole.fr/content/trouble-d%C3%A9ficit-de-lattention-avec-ou-sans-hyperactivit%C3%A9-tDAH>
- Traitement basé sur la mentalisation. (2020). *Qu'est-ce que la mentalisation ?* <https://mbt-tbm.org/fr/quest-ce-que-la-mentalisation>
- Usabilis. (s.d.). *Définition biais cognitif*. <https://www.usabilis.com/definition-biais-cognitifs/>
- Vera, L. (2015). *TDA/H chez l'enfant et l'adolescent : Trouble Déficit de l'Attention/Hyperactivité*. Dunod.
- Walter, S. (2022). *À la découverte des biais cognitifs – le jeu de 52 cartes*. <https://stephaniewalter.design/fr/blog/a-la-decouverte-des-biais-cognitifs-le-jeu-de-52-cartes/>