

Licence : [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) 

ET TOI CERVEAU, QUI ES-TU ? CRÉATION DE SÉQUENCES D'ENSEIGNEMENT POUR PERMETTRE AUX ENFANTS EN DIFFICULTÉ DE MIEUX COMPRENDRE LE FONCTIONNEMENT DU CERVEAU

*Émilie Bugnon

CAS en neurosciences de l'éducation

Université de Fribourg

***auteure correspondante.** Mme Émilie Bugnon. emilie.bugnon@bluewin.ch

Citation : Bugnon, E. (2024). Et toi cerveau, qui es-tu ? Création de séquences d'enseignement pour permettre aux enfants en difficulté de mieux comprendre le fonctionnement du cerveau. *Cortica*, 4(1), 282-317. <https://doi.org/10.26034/cortica.2025.7029>

Résumé

Les découvertes récentes en neurosciences de l'éducation montrent que la compréhension du fonctionnement cérébral favorise la métacognition et l'engagement des élèves dans leurs apprentissages. En particulier, des études mettent en avant le rôle de la neuroplasticité et des fonctions exécutives dans la motivation et la réussite scolaire. Cet article explore l'impact des connaissances sur le cerveau et son fonctionnement sur la motivation et l'engagement scolaire des enfants en difficulté d'apprentissage. L'auteure, enseignante spécialisée, a conçu et mis en place des séquences pédagogiques visant à expliquer aux élèves le rôle des différentes régions cérébrales, les mécanismes de la

neuroplasticité et l'effet des troubles neurodéveloppementaux sur l'apprentissage. Une approche basée sur la métacognition et les neurosciences de l'éducation a été adoptée afin de favoriser une meilleure estime de soi et un sentiment de contrôle sur les apprentissages. Les résultats suggèrent une amélioration de l'engagement des élèves, de leur compréhension du fonctionnement cérébral et de leur motivation. Toutefois, des recherches complémentaires seraient nécessaires pour mesurer l'impact à long terme de ces interventions.

Résumé généré par OpenAI (2023)

Mots-clés : métacognition, neuroplasticité, troubles neurodéveloppementaux, motivation scolaire, enseignement spécialisé

Abstract

Recent discoveries in educational neuroscience suggest that understanding brain function enhances metacognition and student engagement in learning. Specifically, studies highlight the role of neuroplasticity and executive functions in motivation and academic success. This article explores the impact of knowledge about the brain and its functioning on the motivation and academic engagement of children with learning difficulties. The author, a special education teacher, designed and implemented teaching sequences to help students understand the role of different brain regions, the mechanisms of neuroplasticity, and the effects of neurodevelopmental disorders on learning. An approach based on metacognition and educational neuroscience was adopted to foster better self-esteem and a sense of control over learning. The results suggest an improvement in students' engagement, understanding of brain function, and motivation. However, further research is needed to assess the long-term impact of these interventions.

Abstract generated by OpenAI (2023)

Keywords: metacognition, neuroplasticity, neurodevelopmental disorders, academic motivation, special education

Introduction

Je suis enseignante spécialisée depuis plus de dix ans et je travaille actuellement dans une classe de langage francophone d'une institution spécialisée du canton de Fribourg. Dans cette école, nous accueillons des élèves de la 1H à la 8H qui présentent des troubles du langage oral et/ou écrit. Ces enfants rencontrent d'importantes difficultés d'apprentissage et ne peuvent plus suivre le cursus ordinaire. Ils sont par conséquent réorientés dans notre école afin d'y suivre un enseignement adapté à leurs compétences et à leurs besoins. Durant la semaine, ils bénéficient d'un suivi logopédique intensif à raison de 2 à 3 unités. Selon leur problématique, certains élèves profitent également de séances de psychologie, de psychomotricité, d'ergothérapie ou d'un soutien éducatif.

Cette année, j'enseigne dans une classe de 11 élèves âgés entre 9 et 11 ans. Je collabore avec ma collègue enseignante spécialisée avec laquelle je partage un 150%. Nous avons également une stagiaire qui est présente toute la semaine sauf deux matinées. Chaque enfant ayant un profil particulier et des troubles spécifiques, nous rédigeons par conséquent un projet pédagogique-thérapeutique individualisé pour chacun d'eux en début d'année scolaire. Comme mentionné plus haut, les élèves présentent des troubles du langage oral et/ou écrit. Cependant, depuis quelques années, nous accueillons des enfants qui

présentent également d'autres problématiques notamment un trouble du spectre de l'autisme, un trouble de l'attention avec ou sans hyperactivité ou un trouble du comportement. Nous cherchons par le biais de formations et interventions à nous adapter au mieux à cette nouvelle population.

Depuis mon arrivée dans cette institution, je remarque que la plupart des enfants que nous prenons en charge ne donnent que peu de sens aux apprentissages et s'investissent difficilement dans leur métier d'élève. En discutant avec eux, je prends conscience qu'ils ne sont souvent pas au clair sur la raison de leur présence dans notre école. Ils ne connaissent pas leur(s) trouble(s) et ont généralement le sentiment de ne pas être suffisamment intelligents. Ayant connu de nombreuses situations d'échecs avant leur venue chez nous, ils ont une image négative d'eux-mêmes et de l'école. Ils ne montrent par conséquent que peu d'intérêt et de motivation pour les apprentissages.

J'aimerais changer cette dynamique et faire en sorte de redonner le goût de l'apprentissage à mes élèves. Je souhaite qu'ils développent une meilleure connaissance d'eux-mêmes afin d'une part de les aider à construire leur estime d'eux-mêmes et de les déculpabiliser par rapport à leurs difficultés et d'autre part de leur faire comprendre qu'ils sont capables d'apprendre et de progresser. J'ai le projet de mettre en place des leçons qui présentent le cerveau

et son fonctionnement global. Par la suite, les élèves découvriront l'impact des différents troubles sur les apprentissages et réfléchiront à des pistes de soutien ainsi qu'aux stratégies d'apprentissage qui leur sont les plus efficaces en stimulant leur métacognition afin d'optimiser leur fonctionnement. Finalement, je mettrai l'accent sur la neuroplasticité pour expliquer aux enfants que malgré leurs difficultés, leur cerveau est capable de se modifier et de créer de nouveaux chemins pour réaliser les apprentissages souhaités. Je leur présenterai également les quatre piliers de l'apprentissage qui sont l'attention, l'engagement actif, le retour sur erreur et la consolidation, dans le but de leur redonner un sentiment de contrôle et de favoriser leur engagement et leur autonomie en classe.

Durant la formation, nous avons découvert le modèle PRESENCE de Cherine Fahim (2022a, 2022b, 2023, 2024) qui nous permet de mieux comprendre comment intégrer les découvertes en neurosciences dans le domaine de l'éducation. Sur la base de ces connaissances, nous pouvons offrir un cadre adapté aux enfants que nous suivons et favoriser leur bien-être et leurs apprentissages.

Nous avons vu en cours que chaque enfant naît avec des prédispositions génétiques. Cependant, l'épigénétique, c'est-à-dire l'environnement dans lequel il évolue, joue un rôle important dans la construction de son cerveau (McGowan et Roth, 2015). À

l'école, nous devons tenir compte des caractéristiques de chaque élève et adapter nos méthodes d'enseignement aux besoins spécifiques de chacun. En effet, la prise en charge que nous proposons impacte l'investissement de l'enfant et son développement cérébral.

À la naissance, l'enfant possède environ 100 milliards de neurones. Mais seul, un neurone ne fait rien. Il doit pouvoir communiquer avec les autres pour favoriser les apprentissages (Ilyka et al., 2021). Plus une connexion neuronale est utilisée, plus elle sera solide et efficace. Lorsque les enfants s'engagent activement dans les activités et qu'ils les répètent, leurs réseaux de neurones se renforcent. Il est important de leur expliquer que bien que l'anatomie du cerveau soit fixe, les réseaux de neurones sont dynamiques et permettent aux différentes zones cérébrales de fonctionner ensemble.

Pendant la grossesse, tous les réseaux neuronaux possiblement utiles dans la vie sont construits. Toutefois, un premier élagage synaptique se produit durant la petite enfance, entre 2 et 4 ans (Kolb & Gibb, 2011). Les réseaux de neurones peu utilisés, peu renforcés ou dysfonctionnels sont alors éliminés. Ce sont les cellules gliales qui se chargent de ce nettoyage. Le but est de favoriser les connexions neuronales efficaces, c'est-à-dire celles qui sont bien myélinisées. Pour renforcer les réseaux de neurones utiles et éviter l'élagage, il faut

proposer aux élèves des activités variées qui correspondent à leur niveau de compétences.

Une fois l'élagage effectué, la synchronisation cérébrale peut avoir lieu. Dans un réseau neuronal, chaque neurone doit savoir ce qu'il doit faire et communiquer efficacement avec les autres. Les neurones doivent fonctionner simultanément ensemble pour favoriser les apprentissages (Uhlhaas et al., 2009). Pour aider les élèves dans ce processus de synchronisation, il est nécessaire de leur proposer des activités dans lesquelles ils s'engagent consciemment avec concentration.

Durant la période de l'adolescence, un deuxième élagage synaptique se réalise (Selemon, 2013). En fonction des expériences vécues et des apprentissages effectués, certaines connexions neuronales vont être renforcées alors que d'autres vont disparaître. Le cerveau devient plus efficient et les différentes régions cérébrales se spécialisent. La matière grise diminue tandis que la matière blanche augmente. C'est dans la partie préfrontale, là où se situent les fonctions les plus complexes, que les plus grands changements s'opèrent. De nombreuses recherches montrent que c'est la puberté et l'augmentation des hormones sexuelles qui déclenchent ce deuxième élagage synaptique. Il se produit par conséquent plus précocement chez les filles (Giedd et al., 1999 ; Foulkes & Blakemore, 2018). Afin de soutenir le développement

de leurs compétences cognitives, mais également sociales et émotionnelles, il est important que les enseignants proposent aux adolescents des tâches stimulantes et variées.

Le cerveau évolue tout au long de la vie. Il est capable de se modifier et de se réorganiser en fonction des expériences et des apprentissages. Cette capacité se nomme la neuroplasticité (Ismail et al., 2017). Certaines connexions neuronales existantes peuvent être renforcées et de nouvelles peuvent être créées. C'est l'environnement dans lequel évolue l'individu qui influence les modifications cérébrales. Certaines parties du cerveau telles que l'hippocampe, les noyaux gris centraux et les ventricules sont également capables de former de nouveaux neurones. Il s'agit là de la neurogenèse. L'alimentation, l'activité physique et les stimulations cognitives sont des facteurs qui favorisent la neurogenèse. Le fait de savoir que le cerveau a la faculté de s'adapter et de se modifier peut représenter une source de motivation importante pour les élèves, les aider à persévérer dans leurs apprentissages et probablement les encourager à s'ouvrir aux stratégies proposées.

La prise de conscience permet de comprendre son propre fonctionnement et l'influence de l'environnement (Masi, 2023). Réfléchir à ses pensées, ses émotions et ses réactions permet d'avoir une meilleure connaissance de soi. Cela donne la

possibilité de s'auto-réguler et de faire preuve de flexibilité mentale. Il n'y a pas de région cérébrale spécifique pour la conscience, elle se situe dans tout le cortex. Quand il y a une prise de conscience, c'est par conséquent tout le cerveau qui s'active. Il est essentiel d'accompagner et de guider les élèves dans le développement de leur conscience afin de soutenir leur gestion des émotions et d'augmenter leur sentiment de contrôle sur leurs apprentissages.

Et finalement, le libre arbitre désigne la capacité à faire des choix (Leisman et al., 2012). Nos prises de décision sont influencées par différents facteurs internes et externes. Si certains de ces facteurs sont inconscients et en partie déterminés, chaque individu garde la possibilité de prendre ses propres décisions. Inciter les élèves à faire des choix augmente leur engagement actif, leur motivation et favorise leur investissement dans leurs apprentissages.

Grâce aux connaissances acquises durant le CAS en neurosciences de l'éducation, je suis désormais convaincue que chaque enfant, malgré ses troubles et ses difficultés, est capable d'apprendre et de progresser. Dans le modèle PRESENCE (Fahim, 2022a, 2022b, 2023, 2024), nous avons vu que chaque individu possède des prédispositions génétiques et épigénétiques, mais que le cerveau n'est pas figé et qu'il peut se modifier selon le concept de la neuroplasticité. Un élève qui comprend le fonctionnement du cerveau et l'impact de son trouble

sur celui-ci peut donner davantage de sens aux activités d'apprentissage, y porter plus d'attention et s'y engager plus activement. En créant des séquences d'enseignement spécifiques sur le cerveau et son fonctionnement, je souhaite objectiver cela au sein de ma classe.

Partie théorique

Anatomie du cerveau

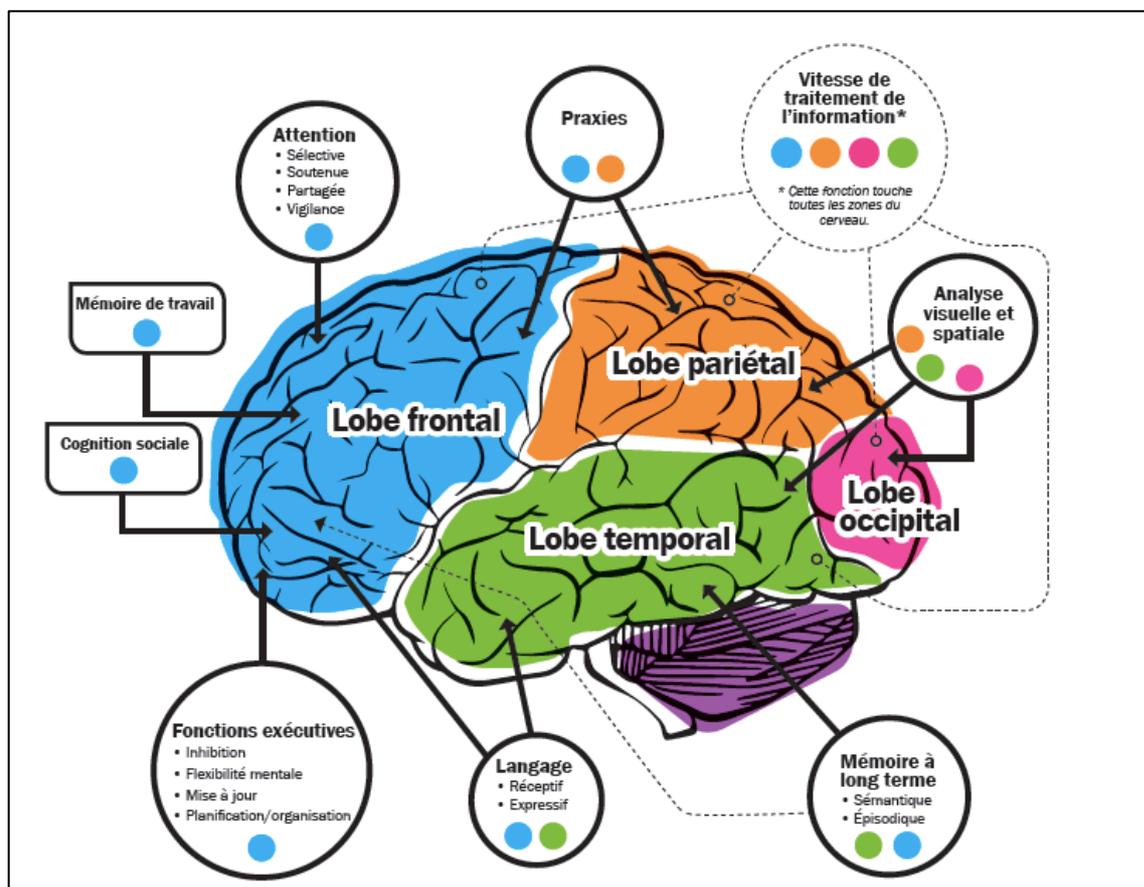
Régions cérébrales et fonctions

Le cerveau est séparé en différentes régions (Figure 1). Chacune est spécialisée

dans certains domaines, mais toutes travaillent ensemble. Le lobe frontal est situé à l'avant du cerveau. Il joue un rôle important dans les fonctions exécutives, la mémoire de travail, l'attention et le langage expressif. Le lobe pariétal se trouve dans la zone du dessus et de l'arrière de la tête. Il tient un rôle central dans les perceptions sensorielles. Le lobe temporal se situe sur les côtés, en bas. Il est actif dans le langage réceptif, la mémoire et l'audition. Finalement, le lobe occipital, à l'arrière du cerveau, traite principalement les informations visuelles (Carter, 2019).

Figure 1

Les différentes régions cérébrales



Note. Adapté de *Cerveau, Compréhension et prévention des atteintes neuropsychologiques, Trousse d'accompagnement s'adressant aux adolescents et aux professionnels œuvrant auprès de la clientèle jeunesse, Volet clinique*, par Université Laval, Québec, s.d.

Comme évoqué plus haut, les différentes parties du cerveau interagissent entre elles. Les réseaux neuronaux sollicitent généralement plusieurs régions. Le cervelet, situé dans la partie postérieure et inférieure de la tête, se montre lui aussi actif dans les processus cognitifs. Il est notamment responsable de l'équilibre et de la coordination. Le tronc cérébral quant à lui fait le lien entre le cerveau et le reste du corps via la moëlle épinière. Il gère la régulation des fonctions vitales telles que la respiration et le rythme cardiaque (Carter, 2019).

Dans le lobe temporal, se trouvent l'amygdale et l'hippocampe. La première est le centre de traitement des émotions. Elle analyse chaque information reçue. Si elle perçoit une menace ou un danger, elle se met en mode de survie, déclenche une réaction d'attaque ou de fuite et rend les apprentissages difficiles. Si à l'inverse le ressenti est agréable, elle favorise l'engagement dans l'activité. L'amygdale travaille avec l'hippocampe qui est la base de la mémoire. C'est lui qui permet « l'apprentissage, le stockage et le rappel des informations » (Sanscartier, 2021 ; Carter, 2019).

Les fonctions exécutives

Les fonctions exécutives sont des habiletés cognitives de haut niveau qui permettent à l'individu de réaliser une action dirigée vers

un but (Witt et al., 2021). Elles sont nécessaires pour s'adapter à des situations nouvelles et jouent un rôle entre autres dans la prise de décision et la régulation du comportement. Les fonctions exécutives se situent principalement dans le cortex préfrontal et se développent dès la naissance jusqu'au début de l'âge adulte (Gagné et al., 2009 ; Bolle & Stordeur, 2020). Les trois processus principaux sont l'inhibition, la mémoire de travail et la flexibilité mentale.

L'inhibition est la capacité à contrôler son comportement, ses pensées et son attention afin de réduire l'impulsivité et les réponses automatiques. Elle permet d'éviter les distractions, de se focaliser sur l'activité en cours et de s'auto-réguler (Diamond, 2013).

La mémoire de travail est l'habileté à retenir et manipuler certaines informations sur une durée limitée dans le but de réaliser une tâche. Elle permet de traiter plusieurs éléments et de faire des liens entre eux afin de les assembler ou à l'inverse de les séparer afin de les organiser différemment. C'est un processus nécessaire à l'organisation spatiale et temporelle (Baddeley, 2012). La mémoire de travail peut généralement maintenir et manipuler 7 informations en même temps (Houdé & Borst, 2018).

La flexibilité mentale est la capacité à passer d'une information, d'une stratégie ou d'une tâche à une autre et de considérer l'environnement selon différents points de vue. Elle est dépendante du développement de l'inhibition et de la mémoire de travail (Diamond, 2013). En effet, l'individu doit être capable de porter son attention sur les éléments les plus pertinents, ne pas se laisser perturber par des stimuli internes ou externes et accepter les changements qui peuvent apparaître dans la réalisation d'une tâche.

Aux trois fonctions exécutives principales s'ajoutent des processus de plus haut niveau tels que la planification, le raisonnement et la résolution de problème (Diamond, 2013). Ils définissent la capacité à anticiper, émettre des hypothèses, organiser ses pensées et les phases nécessaires en vue d'atteindre un but. L'ensemble des fonctions exécutives joue par conséquent un rôle essentiel dans l'évolution de l'enfant, tant au niveau du comportement que des apprentissages. Leur développement est influencé par des facteurs génétiques, mais aussi environnementaux notamment le contexte familial et scolaire.

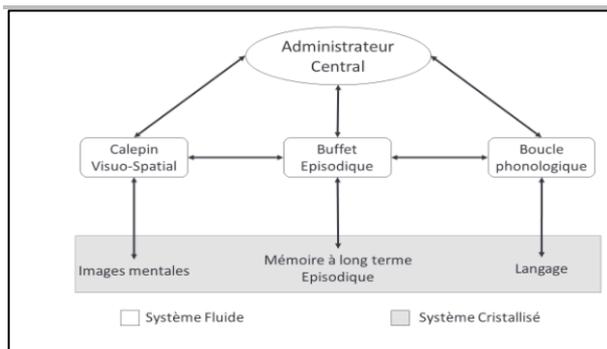
La mémoire

La mémoire est divisée en plusieurs systèmes autonomes qui interagissent entre eux. La mémoire sensorielle est la porte d'entrée au niveau frontal. Elle conserve des traces sur une courte durée avant

d'envoyer les informations pertinentes vers la mémoire à court terme ou mémoire de travail qui se situe également dans le lobe frontal. Celle-ci manipule les informations sur un temps limité afin d'atteindre l'objectif ciblé. Selon le modèle d'Alan Baddeley (2012), la mémoire de travail est composée de trois sous-systèmes (Figure 2). La boucle phonologique traite les informations verbales, le calepin visuospatial les informations visuelles et l'administrateur central coordonne les deux systèmes précédents en sélectionnant et dirigeant les informations pertinentes. Le buffer épisodique favorise les échanges avec la mémoire à long terme. La mémoire à long terme, située principalement dans le lobe temporal, est également organisée en plusieurs systèmes. La mémoire procédurale permet l'acquisition de procédures motrices, perceptives ou cognitives, qui conduisent à la maîtrise de savoir-faire. En répétant une même tâche, les performances s'améliorent et mènent à « une automatisation inconsciente du processus » (Croisile, 2009).

Figure 2

Modèle de la mémoire de travail d'Alan Baddeley.



Adapté de *La mémoire : entre adhérence et désadhérence*, par Simon, T., 2017.

Ces apprentissages ne disparaissent quasiment jamais. La mémoire sémantique concerne les connaissances apprises et retenues sans souvenir du lieu, de la date ou du contexte émotionnel. Ce sont les savoirs qui touchent au fonctionnement du langage et du monde. La mémoire épisodique quant à elle est constituée des souvenirs personnels. Ils sont liés à un lieu et à un moment précis ainsi qu'à un cadre émotionnel spécifique.

Pour qu'une information soit encodée de manière optimale, il est essentiel de faire preuve d'attention. Cela permet au cerveau d'analyser le nouveau contenu et de le mettre en lien avec les notions déjà connues. C'est ensuite avec la répétition régulière que les apprentissages vont être consolidés. Le sommeil joue également un rôle important car durant la nuit, les réseaux de neurones engagés dans l'apprentissage se réactivent. « Plus une information aura été élaborée, organisée, structurée, plus elle sera facile à retrouver » (Croisile, 2009).

L'attention

L'attention joue un rôle crucial dans les apprentissages, la mémorisation et le développement des fonctions exécutives. Elle peut être exogène, c'est-à-dire automatique et déclenchée par un signal de l'environnement, ou endogène, ce qui signifie qu'elle est mise en place de manière volontaire. Il existe différents types d'attention qui permettent d'effectuer les diverses tâches du quotidien. La vigilance est l'état de préparation qui permet de repérer et de réagir aux changements qui interviennent dans l'environnement (Dehaene, 2018). L'attention soutenue est la capacité à rester concentré sur une longue période et à résister aux stimuli perturbateurs. Le fait de sélectionner volontairement l'information pertinente et de la traiter en laissant de côté des éléments qui ne sont pas utiles se nomme l'attention sélective (Sanscartier, 2021). Finalement, l'attention partagée représente la faculté à s'occuper de plusieurs catégories d'informations importantes en même temps.

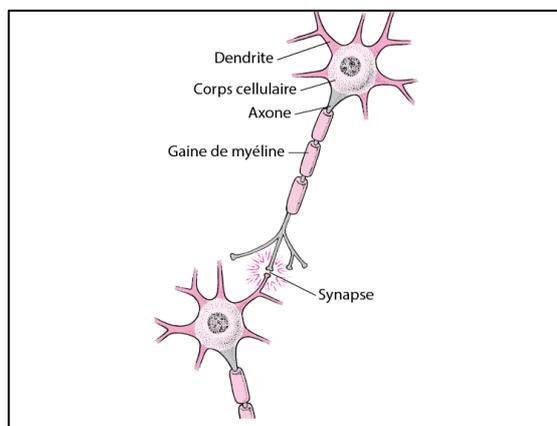
Les réseaux de neurones

Le cerveau possède environ 100 milliards de neurones à la naissance. Ils forment la matière grise, qui traite les informations, et la matière blanche, qui assure principalement un rôle de transport d'influx nerveux. Les neurones sont des cellules nerveuses qui transmettent les informations sous forme de signal électrique (Figure 3). Le

message arrive par les dendrites puis est conduit le long de l'axone vers le bouton synaptique. Ce dernier libère les neurotransmetteurs (message chimique) qui vont activer d'autres neurones. Autour de l'axone se trouve une gaine de myéline. Elle joue un rôle de protection, mais favorise également le transport du signal électrique. Plus la gaine de myéline est épaisse, plus la connexion se fait rapidement et efficacement. Ce sont à la base les dendrites qui définissent si le signal reçu est suffisamment pertinent. Si c'est le cas, le signal électrique conduit le long de l'axone est de plus forte intensité que dans le cas contraire. Les neurones s'activent et se connectent entre eux pour former des réseaux neuronaux. « Un neurone peut établir des connexions avec jusqu'à 10'000 autres neurones » (Sanscartier, 2021, p.19). Selon les expériences, certaines connexions se renforcent et d'autres diminuent jusqu'à parfois disparaître.

Figure 3

Structure d'une cellule nerveuse



Adapté de *Le manuel MSD, Version pour le grand public*, par Merck & Co., 2024. <https://www.msmanuals.com/fr/accueil/multimedia/image/structure-dune-celle-nerveuse?ruleredirectid=475>

Les troubles neurodéveloppementaux *Trouble du langage*

Le trouble du langage est défini dans le DSM-V comme étant un trouble neurodéveloppemental qui se manifeste dès la petite enfance. Les difficultés caractéristiques se situent au niveau de la compréhension et de la production du langage et peuvent notamment toucher l'articulation, la phonologie, le lexique, la syntaxe, la morphosyntaxe, le discours, la pragmatique et la communication. Les capacités de l'individu sont inférieures à celles attendues pour son âge et limitent son fonctionnement scolaire, professionnel et social.

La dyslexie est une atteinte d'accès à la lecture, caractérisée, selon la majorité des chercheurs, par un trouble de l'identification des mots. Elle peut être phonologique, c'est-à-dire qu'il y a des difficultés à faire le lien entre les lettres (graphèmes) et les sons (phonèmes) et à assembler les sons pour accéder aux mots oraux. Elle peut également être lexicale, se définissant par une faible reconnaissance globale des mots qui empêche une lecture fluide. Finalement, elle peut aussi être mixte. « Lorsque les voies d'accès à la lecture sont atteintes, cela se répercute aussi à l'écrit »

(Guay, s. d.). La production écrite étant plus complexe à gérer que la lecture, on parle par conséquent fréquemment de dyslexie-dysorthographe.

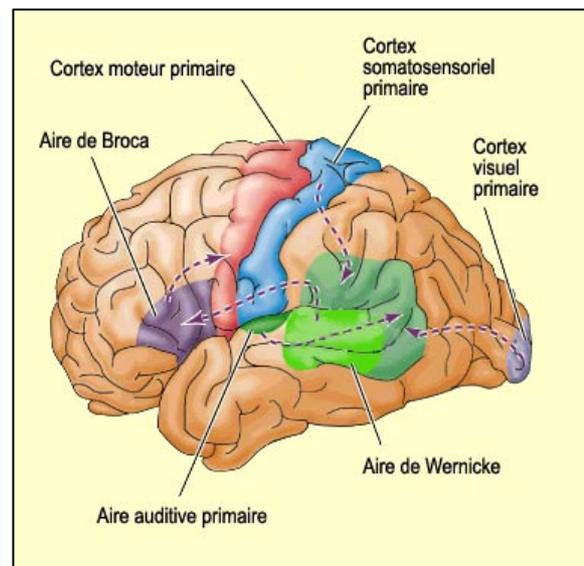
Il n'y a pas qu'une explication à la dyslexie. Elle peut avoir pour origine des facteurs génétiques. En effet, diverses études montrent qu'il y a une forte probabilité qu'un ou plusieurs membres de la famille de l'enfant dyslexique présentent eux aussi des difficultés de langage. Des facteurs environnementaux peuvent également contribuer au développement de la dyslexie. La langue maternelle joue notamment un rôle important car la dyslexie est plus répandue « dans les langues dites opaques » (plusieurs manières de prononcer les graphèmes) que « dans les langues dites transparentes » (la majorité des graphèmes ne se prononcent que d'une seule manière) (Habib, 2017). Un faible niveau socio-économique, une scolarisation irrégulière et un manque de pratique dans le contexte familial comptent aussi parmi les facteurs environnementaux qui peuvent mener à des compétences déficitaires en lecture.

L'enfant dyslexique présente une altération de la conscience phonologique, c'est-à-dire qu'il a de la peine à associer les phonèmes aux graphèmes. Certaines régions du cerveau présentent des anomalies (Figure 4) : l'aire de Broca, l'aire de Wernicke et la région temporale inférieure. Ce sont aussi les

connexions entre ces aires cérébrales qui dysfonctionnent (Habib, 2017).

Figure 4

Les aires du langage



Note. Adapté de *Le cerveau à tous les niveaux*, par Université McGill, s.d. https://le-cerveau.mcgill.ca/flash/i/i_10/i_10_cr/i_10_cr_lan/i_10_cr_lan.html

La prise en charge logopédique aide notamment à rééduquer le cerveau de l'enfant dyslexique. Mais d'autres démarches apportent un soutien intéressant. Le fait notamment d'apprendre un instrument de musique améliore les compétences en lecture (Habib et al., 2016).

Le trouble développemental du langage est quant à lui une atteinte dans la production et/ou la compréhension du langage oral. Il existe diverses formes de ce trouble car les difficultés peuvent toucher différents aspects du langage. Pour parler et

comprendre ce qui se dit, de nombreuses régions cérébrales s'activent et se connectent. Chez les enfants qui présentent un trouble développemental du langage, il peut y avoir un dysfonctionnement dans une ou plusieurs de ces régions et/ou dans les connexions neuronales (Ellemborg, s. d.).

Trouble du déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité

D'après le DSM V, le trouble du déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité est un trouble neurodéveloppemental qui touche environ 5% des enfants. Il apparaît en général plus fréquemment chez les garçons que chez les filles. Les critères de diagnostic sont l'inattention et/ou l'hyperactivité et impulsivité. Ces caractéristiques doivent être présentes avant l'âge de 12 ans dans différents contextes de vie et avoir un impact sur le développement de l'enfant tant au niveau scolaire que social et personnel. L'inattention peut se manifester de différentes manières chez l'enfant. Ainsi, il peut:

- oublier ou perdre régulièrement ses affaires ;
- être facilement distrait par ce qui l'entoure ;
- s'organiser difficilement ;
- sembler souvent dans la lune ;
- peiner à rester concentré ;
- éviter les activités qui demandent un engagement cognitif élevé.

Quant à l'hyperactivité et l'impulsivité, l'enfant la montre en :

- bougeant fréquemment ses mains, ses pieds ou tout son corps ;
- peinant à rester assis sur sa chaise ;
- parlant beaucoup ;
- ayant du mal à attendre son tour ;
- laissant peu de place aux autres dans les discussions et les activités.

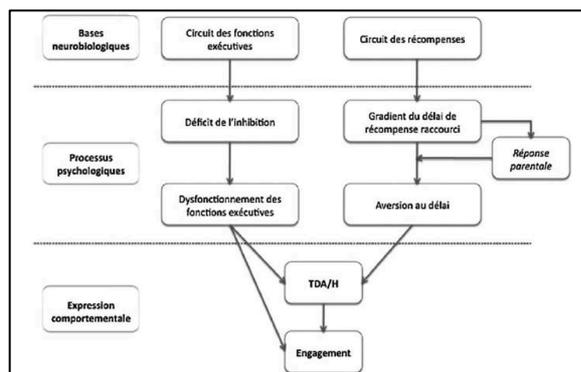
La majorité des enfants (80%) présente un trouble mixte, c'est-à-dire un déficit de l'attention avec hyperactivité. Chez certains, cependant, c'est l'inattention ou l'hyperactivité/impulsivité qui prédomine. Les symptômes sont par conséquent très variables d'un enfant à l'autre. Les troubles associés sont fréquents chez les enfants TDAH. Plus de deux tiers d'entre eux en présentent au moins un (Masi & Gignac, 2017). Il peut s'agir notamment de troubles du sommeil, d'anxiété ou de troubles des apprentissages.

Les causes du TDAH ne sont pas encore totalement connues mais sont « d'origine multifactorielle » (Franc et al., 2008). Il y a tout d'abord une prédisposition génétique qui est influencée par des facteurs environnementaux tels que le style d'attachement. C'est un trouble neurologique qui découle d'un dysfonctionnement du circuit de la récompense (Figure 5), c'est-à-dire que l'enfant peine à attendre la réponse à son comportement (Sonuga-Barke, 2003). Le cerveau des enfants TDAH présente un retard

de maturation et un manque de dopamine dans le circuit des fonctions exécutives. Ce neurotransmetteur se trouve au contraire en quantité élevée dans le système de récompense et du mouvement.

Figure 5

Circuit de la récompense dans le TDA/H



Note. Adapté de *Pédopsychiatrie et psychomotricité : apports spécifiques, complémentarité thérapeutique et réflexions communes autour de la prise en charge des enfants TDA/H et de leur famille*, par Puyjarrinet, F., 2012.

Pour la prise en charge des enfants TDAH au niveau scolaire, il est, en premier lieu, important de les déculpabiliser en leur expliquant qu'ils ne sont pas responsables de leur trouble. Il faut ensuite mettre en place différents aménagements pour compenser leurs difficultés attentionnelles et soutenir leurs fonctions exécutives : adapter le rythme, fractionner les tâches, favoriser les activités d'apprentissage actif, faire des pauses régulières ou encore renforcer les comportements positifs. Le traitement

médicamenteux peut également apporter un soutien efficace.

Trouble du spectre de l'autisme

Selon le DSM-V, le trouble du spectre de l'autisme (TSA) est un trouble neurodéveloppemental dans lequel l'individu présente un déficit de la communication, une altération des interactions sociales ainsi que des comportements et des intérêts répétitifs et restreints. Ces difficultés apparaissent tôt dans le développement et impactent les différents contextes de vie. Le TSA touche environ 1% de la population avec une surreprésentation des garçons. Les personnes atteintes montrent fréquemment un ou plusieurs troubles associés tels qu'un déficit intellectuel, des troubles du langage, des déficits moteurs ou encore des troubles mentaux.

Les causes du spectre de l'autisme ne sont pas encore connues. Mais de nombreuses recherches montrent que les sujets présentent diverses anomalies cérébrales, notamment une épaisseur corticale plus faible et un volume de matière blanche supérieur aux autres individus. « Un grand nombre de connexions, qui sont censées disparaître dans le développement normal, persistent » (Compagnon, 2014). Face à différentes tâches de langage, de cognition sociale ou qui impliquent les fonctions exécutives, les aires cérébrales classiques ne sont pas ou peu recrutées et ce sont au contraire des régions inhabituelles qui sont

activées. Il semble que l'autisme « s'accompagne non seulement d'anomalies cérébrales locales mais aussi d'anomalies de connectivité entre de nombreuses régions » (Cavézian & Chokron, 2012). Le traitement de l'information se fait de manière atypique, probablement en raison d'une sous-connectivité dans les régions cérébrales frontales et d'une sur-connectivité dans les aires corticales postérieures. Autrement dit, les liens entre les zones cérébrales dysfonctionnent et altèrent ainsi le traitement de l'information (Desaunay et al., 2014).

Certaines études se sont intéressées aux éléments chimiques présents dans le cerveau. Les résultats montrent notamment un taux de sérotonine plus élevé ainsi qu'une réponse au stress accrue chez les individus porteurs d'un TSA. L'influence des facteurs génétiques et environnementaux sur le développement cérébral précoce a également été mise en évidence dans les recherches familiales (Tordjman, 2005).

Le profil des enfants présentant un trouble du spectre de l'autisme est très varié. Une prise en charge individualisée et pluridisciplinaire est par conséquent nécessaire. En classe, une bonne compréhension du fonctionnement de l'élève est essentielle à la mise en place de la meilleure intervention possible. Le fait d'analyser les comportements atypiques permet de définir les besoins spécifiques de l'enfant. Utiliser des représentations visuelles favorise l'accès

aux notions complexes et offre un milieu prévisible qui le sécurise. Il est également important de tenir compte de ses forces, de les développer en vue de les exploiter en compensation et d'utiliser ses intérêts pour stimuler sa motivation.

Cerveau et apprentissage

La neuroplasticité

Le cerveau n'est pas une structure figée. Les connexions entre les neurones évoluent selon les apprentissages et les expériences vécues. C'est ce que nous appelons la plasticité cérébrale. Le bébé naît avec une architecture cérébrale génétiquement donnée. Cependant, l'environnement dans lequel il évolue tient aussi un rôle important dans le développement de ses connexions cérébrales. Celles qui sont régulièrement utilisées sont renforcées et celles qui sont inutiles sont éliminées. De nouvelles connexions peuvent également être formées. Les apprentissages modifient par conséquent la structure du cerveau (Brault Foisy & Masson, 2022).

Le psychologue Donald Hebb formule dès 1949 que deux neurones qui s'activent simultanément renforcent leurs connexions. Il y a donc potentialisation à long terme (LTP) lorsqu'un chemin neuronal est régulièrement emprunté et activé. La gaine de myéline des différents axones s'épaissit et les informations transitent plus rapidement d'un neurone à l'autre. Le circuit de neurones se consolide et devient stable. Même

les connexions qui ne sont pas encore myélinisées peuvent le devenir. C'est ce qui résulte d'un apprentissage (Hebb cité dans Kol et al., 2020). Une expérience menée avec des rats nouveau-nés montre que lorsque ceux-ci reçoivent fréquemment un stimulus douloureux, la quantité de connexions neuronales dans la région cérébrale concernée augmente (Ruda et al., 2000). Des recherches réalisées auprès de pianistes professionnels, ayant débuté le piano durant leur enfance, montrent également une augmentation des connexions entre les neurones des zones spécialisées dans l'audition et la motricité des mains (Gaser & Schlaug, 2003). Une autre étude démontre qu'après trois mois de pratique, les zones du cerveau qui contrôlent la vision et la coordination des mouvements des bras et des mains sont plus développées chez les personnes qui apprennent à jongler avec trois balles (Draganski et al., 2004). Par conséquent, une activité neuronale accrue augmente et renforce les connexions entre les neurones.

Il y a en revanche dépression à long terme (LTD) lorsqu'un circuit neuronal n'est plus utilisé. Ce sont les cellules gliales qui se chargent de l'éliminer. Des expériences conduites avec des chats objectivent en effet que si ceux-ci ont un œil privé de stimuli visuels peu après la naissance, ils ne seront plus capables de voir avec cet œil même lorsque celui-ci sera découvert. Seul l'œil stimulé pourra encore répondre aux

stimuli visuels (Hubel et Wiesel, 1998 ; Schiffmann, 2001). En résumé, toutes les connexions neuronales existantes à la naissance qui ne sont pas utilisées sont éliminées.

Pour renforcer une connexion entre les neurones, il est nécessaire de l'activer régulièrement par des activités durant lesquelles les enfants sont actifs et motivés. Les répétitions espacées dans le temps permettent une meilleure consolidation. De cette manière, l'activité cérébrale est maintenue et les processus de neuroplasticité ont le temps de s'activer. Ceci accorde également au cerveau davantage de périodes de sommeil durant lesquelles il pourra réactiver « les réseaux de neurones liés aux apprentissages réalisés » (Brault Foisy et Masson, 2022). Durant cette phase, il est essentiel d'être attentif aux erreurs produites par les élèves. En effet, si une erreur se répète, elle risque de se renforcer et de s'ancrer. C'est pourquoi il est important de donner un retour aux enfants. Celui-ci peut être positif, c'est-à-dire qu'il indique que la réponse donnée est celle attendue. Le système de récompense s'active alors et motive l'élève à reproduire la même procédure dans l'avenir. Le retour peut également être négatif dans le sens où il informe d'une erreur. À ce moment, l'élève peut mobiliser différents processus pour repérer l'erreur, l'analyser et éviter de la refaire par la suite (Brault Foisy & Masson., 2022).

L'apprentissage amène d'importants changements au niveau des neurones, mais également dans tout leur environnement. Ces modifications demandent du temps et de l'énergie. « La consommation du cerveau du jeune enfant représente jusqu'à 50% du bilan énergétique du corps » (Dehaene, 2018, p.146). Il est par conséquent essentiel de manger de manière équilibrée, de s'oxygéner et de faire de l'exercice physique. La plasticité cérébrale n'est cependant pas illimitée. Dans certaines régions du cerveau, elle n'est active que durant une période définie. C'est dans la petite enfance qu'elle atteint un pic puis elle diminue graduellement. « Avec l'âge, l'apprentissage, sans être complètement bloqué, devient de plus en plus difficile » (Dehaene, 2018, p.155). C'est pour cela qu'il est nécessaire d'agir durant la période sensible de l'enfance car c'est à ce moment que le cerveau se modifie le plus facilement et le plus grandement.

Les 4 piliers de l'apprentissage

Selon Stanislas Dehaene (2018), il existe quatre piliers qui favorisent les apprentissages. Le premier pilier essentiel est l'attention qui permet de sélectionner les informations importantes et de laisser de côté celles qui sont inutiles. Lorsque l'individu porte son attention sur un objet, les neurones s'activent et se connectent ensemble afin de favoriser la potentialisation à long terme. Selon le psychologue américain Michael Posner, il existe trois principaux

systèmes attentionnels qui articulent l'activité du cerveau et qui soutiennent l'apprentissage ou à l'inverse le restreignent. Le premier système est celui de l'alerte qui nous signale à quel moment faire attention. Il met le cerveau en état d'éveil et de vigilance. Le deuxième système concerne l'orientation qui indique à quoi porter attention. Ce filtre sélectionne les informations pertinentes et les amplifie ce qui provoque une augmentation de l'activité neuronale. Le dernier système décide comment traiter les informations. Il s'agit du contrôle exécutif qui permet de « choisir un plan d'action et de nous y tenir » (Dehaene, 2018, p.223). L'attention se développe durant l'enfance et l'adolescence. L'individu apprend à se contrôler, à sélectionner les bonnes stratégies et à éviter les distractions. L'entraînement et l'éducation permettent d'améliorer le développement de ces compétences.

Selon Dehaene, le deuxième pilier participant aux apprentissages est l'engagement actif. Pour apprendre, il est nécessaire de s'engager activement dans les activités. Le cerveau doit émettre des hypothèses puis les comparer avec la réalité. La motivation en est un élément indispensable : l'individu doit être au clair sur l'objectif à atteindre et y adhérer. Pour s'investir dans l'apprentissage, il faut avoir envie de savoir et d'en saisir le sens. La curiosité se dirige vers ce qu'il semble « utile d'apprendre, tandis qu'elle se détourne de ce que nous savons

déjà » (Dehaene, 2018, p.256). Elle sélectionne également ce qui paraît accessible.

Le troisième pilier est le retour sur erreur. En effet, il n'est pas possible d'apprendre sans se tromper. Faire des hypothèses, les confronter à la réalité, prendre conscience du décalage entre les deux puis s'ajuster forment les bases d'un apprentissage efficace. Le retour sur erreur doit se faire rapidement et de manière détaillée pour permettre à l'individu de se corriger efficacement. C'est en fournissant des efforts et en prenant le risque de se tromper que les circuits cérébraux se développent. Tant qu'il y a de l'incertitude, le cerveau perçoit un signal d'erreur et continue à apprendre. Pour fixer les connaissances, il est par conséquent essentiel de les répéter plusieurs fois sur le long terme.

Enfin, le quatrième et dernier pilier est celui de la consolidation. Avec la pratique et les répétitions régulières, certaines compétences deviennent automatiques et inconscientes. Elles permettent de libérer les ressources du cerveau pour les futurs apprentissages. Le sommeil joue un rôle primordial dans ce processus car « pendant que nous dormons, les neurones de l'hippocampe s'activent, permettant au cerveau de rejouer les événements de la journée et de consolider ce qu'il a appris pour le transférer en mémoire » (Fournier, 2019).

Les 4 filtres de l'attention

Pour apprendre, il faut que le cerveau soit attentif. Et ce sont quatre filtres qui entrent en jeu dans le concept de l'attention (Figure 6).

Le premier filtre est celui du plaisir. À chaque nouvelle situation, l'amygdale l'interprète et transmet le ressenti au cerveau (Bourassa et al., 2021). C'est elle qui est responsable de repérer les éventuels dangers ainsi que la sensation de confort ou d'inconfort. Lorsque la perception est neutre, il y a désintérêt et désengagement. Quand l'amygdale identifie un danger, son état de vigilance augmente. Les aires préfrontales se déconnectent et c'est une réponse de fuite ou d'attaque qui s'enclenche. Au contraire, s'il y a une impression de confort et de plaisir, le système de récompense s'active. Un état de détente s'installe et permet de maintenir l'attention sur la situation. Par conséquent, nous nous montrons curieux et ouverts. C'est ainsi que nous pouvons apprendre. Pour favoriser cette sensation de confort et l'engagement des élèves dans les apprentissages, il est indispensable de leur proposer des activités qui se situent dans leur zone proximale de développement. En effet, ils doivent faire face à un défi auquel ils ont l'assurance de pouvoir trouver la solution.

Le deuxième filtre est celui de l'inférence. Il s'active lorsque le premier filtre perçoit la situation comme neutre ou sans danger. Il

fait appel à tous les sens pour « vérifier la justesse de l'évaluation du premier filtre » (Bourassa et al., 2021, p.213). Ce filtre utilise nos connaissances et expériences préalables pour nous permettre d'anticiper ce qui va arriver. Il nous offre une cohérence de notre environnement. Face à une situation, le cerveau peut réagir de trois manières. Il peut assembler simultanément toutes les données sensorielles pour vérifier la vraisemblance de l'information. Il peut vérifier les informations les unes après les autres. Finalement, il peut « combiner l'ensemble des informations sensorielles simultanées et séquentielles tout en les comparant à nos souvenirs » (Bourassa et al., 2021, p.218). Ce processus s'active de manière automatique et produit des inférences, le plus souvent, inconscientes. Si un enfant rencontre des difficultés à inférer, il peut y avoir deux raisons principales : soit la situation n'a pas activé le premier filtre et par conséquent l'attention, soit elle ne se situe pas suffisamment dans sa zone proximale de développement. Pour que le deuxième filtre s'amorce, il est important de proposer des activités qui permettent une anticipation efficace.

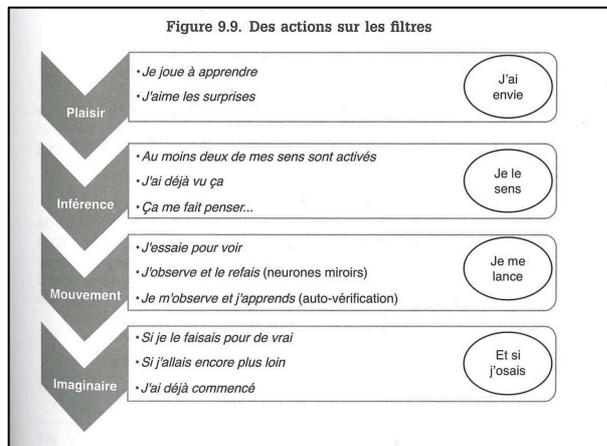
Le troisième filtre, le filtre du mouvement, a pour objectif de vérifier l'inférence afin d'effectuer les réajustements nécessaires (Bourassa et al., 2021). Il permet d'observer si le résultat de l'action correspond à ce qui a été anticipé. Lorsque c'est le cas, les circuits engagés dans le processus le

répètent et les connexions entre les neurones se renforcent. Grâce aux neurones miroirs, cette répétition peut aussi se faire en observant l'action d'une personne. Si la réponse n'est pas celle attendue, alors nous prenons conscience de l'erreur et nous pouvons apporter les changements nécessaires pour procéder à une rectification. Pour que ce troisième filtre s'active, il faut qu'il y ait un objectif et une intention claire et précise. Notre cerveau se met en mouvement lorsqu'il veut apprendre quelque chose de nouveau. Ceci peut également se faire en imitant le comportement de quelqu'un d'autre pour vérifier l'effet produit. Plus l'intention est forte chez les enfants, plus leurs neurones s'activent.

Le dernier filtre est celui de l'imaginaire. Il s'agit de s'appuyer sur ses expériences et ses connaissances antérieures pour imaginer ce qui va arriver ou envisager d'autres possibilités. « Lorsqu'on perçoit quelque chose et lorsqu'on l'imagine, une partie des mêmes aires cérébrales s'active » (Bourassa et al., 2021, p.233).

Figure 6

Les filtres de l'attention



Note. adapté de *Neurosciences et éducation*, par Bourassa, B., Menot-Martin, D., & Phillion, R., 2021, De Boeck Supérieur.

Méthodologie

Contexte

Comme évoqué précédemment, je travaille dans une institution spécialisée du canton de Fribourg qui accueille des enfants qui présentent d'importants troubles de l'apprentissage liés principalement à des troubles du langage. Les difficultés persistantes de ces élèves les empêchent de poursuivre leur scolarité à l'école primaire ordinaire. Au sein de notre structure, ils bénéficient d'un enseignement adapté à leur rythme et à leurs besoins spécifiques ainsi que d'un suivi intensif et régulier en logopédie. Certains d'entre eux ont également de la psychomotricité, de la psychologie et/ou de l'ergothérapie. Un soutien éducatif est aussi disponible pour les enfants qui en ont la nécessité.

C'est avec les élèves de ma classe, constituée de six garçons et cinq filles âgés entre 9 et 11 ans, que j'effectue mon travail de recherche dès la rentrée scolaire 2024/2025. Tous les enfants présentent des troubles du langage oral et/ou écrit et une attention limitée. Deux élèves ont également un trouble du spectre de l'autisme. Dans ce groupe-classe, trois enfants effectuent leur première année scolaire au sein de notre établissement, cinq autres leur deuxième année et les trois derniers y sont scolarisés depuis plus de trois ans. Les difficultés et besoins de chaque élève sont hétérogènes et demandent des adaptations individualisées. Les séquences d'enseignement sur le cerveau se font cependant avec l'entier du groupe car l'objectif de mieux se connaître pour développer ses compétences d'apprenant concerne l'ensemble des enfants. Je consacre par conséquent une leçon par semaine à la mise en place de mon projet en neurosciences de l'éducation au sein de ma classe en collaboration avec ma collègue enseignante spécialisée et la logopédiste de deux de nos élèves.

Problématique

Ainsi que le dit Stanislas Dehaene (2018), les découvertes réalisées ces trente dernières années dans le domaine de la plasticité cérébrale et de l'apprentissage permettent de prendre conscience du potentiel de chaque cerveau. En effet, en ayant une meilleure connaissance et compréhension

de notre fonctionnement cérébral, nous pouvons mieux le contrôler et l'utiliser pour nos apprentissages. L'image que nous avons de nous-mêmes tient également un rôle essentiel : elle « nous aide à progresser ou, au contraire, nous enferme dans le cercle vicieux de l'échec » (Dehaene, 2018, p.60). Les élèves ont envie de comprendre comment ils « apprennent, mémorisent et oublient, comment se développent l'attention et l'inhibition » (Berthier, 2019). Le fait d'acquérir des connaissances sur le fonctionnement cérébral permet aux élèves, notamment ceux qui présentent des difficultés d'apprentissage, de développer la motivation et la confiance en leur propre potentiel (Lanoë et al., 2015). Selon la psychologue américaine Carol Dweck (2016), savoir que le cerveau est plastique et que de nouvelles compétences peuvent se créer aide les enfants à porter un regard plus positif sur leurs erreurs (Vuille, 2023). Leur sentiment de contrôle peut augmenter et ainsi favoriser leur investissement dans le travail scolaire.

Les élèves que j'accompagne au quotidien possèdent une faible connaissance d'eux-mêmes. Ils ne sont que peu conscients de leurs forces et faiblesses. De ce fait, ils peinent à mettre en place des stratégies d'apprentissage efficaces et restent fortement dépendants de l'adulte pour entrer dans les activités et les mener à terme. Ils font généralement preuve de passivité en classe et manifestent peu d'intérêt aux différents

contenus abordés. Ils manquent de confiance en leur potentiel et montrent une faible motivation. Ils partent généralement du principe que les apprentissages proposés sont hors de leur portée et se retrouvent par conséquent dans un sentiment d'impuissance.

Avec mes séquences sur le cerveau et son fonctionnement, je souhaite les aider à mieux comprendre ce qu'il se passe dans leur tête. J'envisage donc de les accompagner dans le questionnement de leurs connaissances d'eux-mêmes. En effet, la métacognition est un élément incontournable des apprentissages, de la motivation et de l'estime de soi. J'aimerais qu'ils prennent conscience que leur trouble est à la base de leurs difficultés d'apprentissage, mais qu'ils ont tout de même la possibilité d'apprendre. Mon objectif est de les aider à s'engager activement dans leur parcours d'apprenant, de développer leur capacité de persévérance et de leur redonner le sentiment de contrôle. En ayant une meilleure perception de leur fonctionnement, les élèves pourront certainement utiliser davantage leur potentiel et leurs ressources pour progresser et développeront dans le même temps leurs sentiments de compétence et d'autodétermination.

Déroulement

Dans un premier temps, je récolte les représentations et connaissances des élèves sur le cerveau. Je leur demande de dessiner le cerveau et de nommer

éventuellement les parties qu'ils connaissent. Ils doivent également dessiner et expliquer ce qu'il se passe dans le cerveau lorsqu'on se retrouve face à une tâche et finalement nommer les facteurs qui, selon eux, facilitent les apprentissages (Annexe A).

À la suite de cette évaluation diagnostique, je commence par leur présenter le cerveau et ses différents lobes à l'aide d'un grand panneau. Nous prenons le temps de nommer chaque lobe et nous intéressons ensuite à leurs fonctions respectives. Celles-ci sont représentées par des images. Les enfants les observent et essaient de comprendre ou de déduire leur signification. J'apporte des clarifications si nécessaire. Une fois que chaque fonction cérébrale est correctement identifiée, les élèves peuvent les placer sur l'affiche du cerveau. Pour les fixer au bon endroit, ils peuvent se référer à la couleur du lobe et la couleur de fond sur l'image qui correspondent. Une fois que le travail est terminé, nous prenons un moment pour répéter ce que nous avons découvert, c'est-à-dire le nom de chaque lobe et ses fonctions principales (Annexe B).

Je prévois ensuite une leçon de réactivation-renforcement. À l'aide du panneau du cerveau, les élèves prennent à nouveau connaissance du nom de chaque lobe. Ils doivent ensuite replacer les étiquettes représentant les fonctions cérébrales au bon endroit et indiquer ce que chacune signifie. Lorsque ce travail est terminé, chaque

élève retourne à sa place pour réaliser l'activité « Construis ton propre cerveau » de la méthode « Mon fantastique cerveau ». Ils colorient puis découpent les différentes parties du cerveau, puis les assemblent comme un puzzle sur la fiche qui résume les rôles principaux de chaque zone.

La séquence suivante est consacrée aux réseaux de neurones. Avant de donner les explications, je récolte les représentations initiales des élèves. Ceux-ci ont ainsi l'occasion d'expliquer avec leurs mots ce qu'il se passe dans le cerveau lorsqu'on réalise une tâche, par exemple lire un mot. J'affiche ensuite une image du cerveau avec toutes les connexions et la leur commente. Je leur montre également à quoi ressemble un neurone et de quelle manière il se connecte à un autre en y associant des métaphores pour soutenir la construction d'une représentation mentale plus claire chez certains élèves. Pour encore appuyer mes dires, nous visionnons deux courtes vidéos qui expliquent l'activité cérébrale. Je profite de cette séquence pour parler de l'amygdale. Je la présente à l'aide d'une image de gyrophare pour que les enfants comprennent son rôle d'alarme au sein du cerveau. Je leur explique que lorsqu'elle perçoit un danger ou une menace, elle s'active et empêche tout apprentissage. Nous échangeons sur des situations vécues en lien avec cela et nous cherchons ensemble des solutions pour calmer l'amygdale lorsqu'il y a un stress. Nous écrivons les stratégies

proposées par les élèves sur des cartes qui seront déposées dans une boîte disponible dans le coin calme de la classe.

La semaine suivante, les élèves découvrent les caractéristiques des troubles neurodéveloppementaux présents au sein de la classe, c'est-à-dire le trouble du langage, le TDAH et le TSA. Pour cela, ils travaillent par trois ou quatre. Chaque groupe fait la découverte d'un personnage (figurine Duplo) en lisant sa présentation (Annexes C, D et E). Les élèves prennent connaissance de ses forces et faiblesses et réfléchissent ensemble aux stratégies qui pourraient l'aider et notent tout cela sur un panneau. Nous nous retrouvons ensuite tous ensemble afin que chaque groupe présente son personnage. Les élèves identifient pour chaque cas les zones cérébrales qui fonctionnent moins bien et les mettent en évidence sur le panneau du cerveau.

Pour la dernière séquence, j'explique la neuroplasticité aux élèves pour leur faire comprendre que malgré la présence d'un trouble neurodéveloppemental et les difficultés associées, le cerveau est toujours capable de s'adapter pour apprendre. Je souhaite amener un discours positif sur leur potentiel cérébral. Pour les aider à se représenter le concept, j'utilise l'image de la forêt (Masson, 2020). Je leur montre, à l'aide de supports visuels, comment le chemin se forme peu à peu à travers la végétation à force de l'emprunter. Nous visionnons également une courte vidéo de

résumé puis je leur demande à chacun de nommer une compétence qu'ils ont acquise grâce à l'entraînement. Dans un second temps, nous échangeons sur les comportements nécessaires à l'apprentissage. Je reprends les idées initiales des élèves et nous en discutons. Cela m'amène à leur présenter les quatre piliers de l'apprentissage : attention, engagement actif, retour sur erreur et consolidation. Je les présente à l'aide de supports visuels et explicite chaque pilier (Annexe F). Je fais en sorte de les rendre compréhensibles en les mettant en lien avec des tâches scolaires. Pour terminer cette séquence de manière ludique et montrer l'importance de fixer son attention sur les bons éléments, nous visionnons une vidéo en lien avec l'expérience du gorille invisible réalisée par Christopher Chabris et Daniel Simons en 1999.

Finalement, je vérifie ce que les élèves ont appris durant ces séquences en leur posant des questions similaires à celles de l'évaluation diagnostique. Ils doivent donc dessiner le cerveau et ses différentes parties, expliquer comment circule une information dans le cerveau et nommer les éléments qui soutiennent l'apprentissage. Je prends ensuite le temps d'échanger avec eux pour qu'ils me donnent un retour sur ces séquences. Je leur demande ce qu'ils ont apprécié et ce qu'ils ont moins aimé en justifiant leurs réponses. Je prends note de leurs remarques et suggestions afin d'améliorer mes futures interventions.

Analyses des séquences

Lorsque j'annonce aux élèves que nous allons travailler sur la thématique du cerveau pour mieux comprendre ce qu'il se passe dans notre tête, certains enfants semblent peu motivés et soupirent. D'autres au contraire montrent de l'intérêt et paraissent curieux de découvrir le fonctionnement cérébral. Les élèves reçoivent la feuille sur laquelle figurent les trois questions auxquelles ils doivent répondre selon leurs connaissances préalables et leur imagination (Annexe A). Il est nécessaire de préciser chaque question car les élèves ont du mal à comprendre ce qu'ils doivent faire exactement. Pour dessiner le cerveau, la majorité des enfants ne rencontre pas trop de difficultés (Annexe G). Ils tracent un rond, un ovale ou une forme de nuage et ajoutent des traits à l'intérieur qui représentent, selon moi, les plis du cerveau. Deux filles insèrent également un élément qui se rapproche du tronc cérébral. Trois élèves illustrent ce qui occupe leurs pensées : souvenirs de vacances, rêves, loisirs et intérêts. Il aurait été important de préciser que le dessin devait représenter un cerveau de manière générale et non pas le leur spécifiquement. La deuxième question concernant ce qu'il se passe dans le cerveau quand on fait une activité est complexe. Les enfants ne comprennent pas vraiment ce qu'ils doivent faire et beaucoup expliquent leur stratégie pour lire, mais pas l'activité cérébrale qui en résulte. Des yeux reliés au

cerveau apparaissent tout de même chez deux enfants. Et une élève fait un dessin intéressant avec des roues, des yeux et un bureau qui effectue le travail (Annexe G). À la dernière question qui demande ce que doit faire le cerveau pour bien apprendre, le fait de s'entraîner et de répéter souvent la même matière ressort dans chaque production. Il y a aussi l'idée de réfléchir et d'essayer de comprendre qui est relevée. Cette évaluation diagnostique est spécialement complexe pour les deux garçons TSA car pour réaliser une tâche, il est important pour eux de connaître la matière et de faire le plus juste possible. Ils ont besoin d'être encouragés et accompagnés pour répondre aux questions. Un des deux complète uniquement la première partie en représentant son cerveau comme un écran sur lequel défilent des tanks et des jeux vidéo (ses intérêts particuliers). Le second travaille entièrement avec la stagiaire. Il utilise la dictée à l'adulte pour transmettre toutes ses connaissances sur les différentes mémoires et le fonctionnement de la vision. Je remarque que cet élève connaît déjà plusieurs éléments intéressants (Annexe H). En récoltant toutes les productions, je prends conscience que la deuxième et la troisième questions auraient mérité d'être reformulées pour mieux aiguiller les enfants vers ce qui est attendu.

Au début de la deuxième leçon, les élèves qui le souhaitent expliquent à toute la classe le dessin du cerveau qu'ils ont

réalisé la semaine précédente lors de l'évaluation diagnostique. Plusieurs enfants racontent que les traits qui figurent à l'intérieur du cerveau représentent les veines dans lesquelles circule le sang. Une enfant ajoute qu'en dehors des veines se trouvent les pensées. Une autre fillette justifie son dessin en disant qu'il y a comme des vagues sur le cerveau et qu'il est relié au reste du corps (tronc cérébral) pour pouvoir bouger. Après ce moment d'échange intéressant, la classe est séparée en deux groupes pour réaliser l'activité de présentation des lobes cérébraux et de leurs principales fonctions. Je réunis cinq élèves devant le tableau pour découvrir l'affiche du cerveau, pendant que l'autre groupe effectue la même activité dans un autre espace. Nous nommons chaque lobe, mais je remarque rapidement que les enfants sont plus réceptifs aux couleurs qu'aux termes spécifiques. Lorsque je place au sol les étiquettes représentant les fonctions, un garçon fait tout de suite le lien entre leur couleur de fond et celle de chaque lobe. L'un après l'autre, chaque élève choisit une image, donne son avis quant à sa signification et l'accroche au bon endroit sur l'affiche. Les pictogrammes sont facilement identifiés et compris. Il y a cependant le cadenas pour la mémoire, la lampe de poche pour l'attention et le chef d'orchestre qui nécessitent des explications supplémentaires de ma part. Lorsque toutes les fonctions sont fixées sur le cerveau, les enfants

prennent un moment pour l'observer et se rappeler de ce qui a été dit. Pour terminer, chaque enfant présente un lobe. Le fait de manipuler des images en couleurs favorise l'intérêt et l'engagement des élèves. Malgré leurs difficultés de langage, ils peuvent tous participer à l'activité et ont du plaisir à le faire. Les supports visuels soutiennent les représentations mentales des enfants et leur permettent de donner davantage de sens au contenu de la leçon.

Lors de la séquence de renforcement, nous profitons de former les mêmes groupes que la semaine précédente afin que chaque enfant puisse davantage participer et s'exprimer. L'enfant qui était absent la semaine précédente fait immédiatement le lien entre la couleur des lobes et celle qui se trouve sur le fond de chaque étiquette représentant les fonctions cérébrales. Tous les élèves participent volontiers et ont de bons souvenirs de la leçon antérieure. Les deux images qui nécessitent à nouveau des explications supplémentaires sont celles du cadenas pour la mémoire et de la lampe de poche pour l'attention. La deuxième activité peut se faire de manière autonome. Je remarque que plusieurs enfants comparent le cerveau construit sur leur fiche avec celui qui se trouve sur le panneau accroché au tableau. Ils font le lien entre les deux et cela semble renforcer leur compréhension. Pour terminer, j'improvise un petit jeu de mémorisation. Je rassemble les élèves autour de l'affiche du cerveau et de ses différentes

fonctions. Je leur demande de bien observer les images, de fermer les yeux puis de les rouvrir afin de découvrir la fonction cérébrale que j'aurai enlevée. Je suis surprise de voir qu'ils trouvent à chaque fois rapidement l'élément manquant. J'ai par conséquent le sentiment que ces notions commencent à être intégrées.

Durant la leçon sur les neurones et leurs connexions, je remarque que tous les enfants montrent de l'intérêt et participent avec entrain. Pour récolter leurs représentations initiales, nous utilisons l'affiche des lobes du cerveau et de leurs fonctions principales. Les enfants comprennent que pour réaliser une tâche, comme lire un mot, plusieurs zones cérébrales s'activent et travaillent ensemble. Ils nomment la vision, le langage, l'attention, la mémoire ainsi que l'ouïe. Lorsque je leur montre l'image des connexions cérébrales, un élève dit que ça ressemble à des routes et remarque qu'il y en a davantage dans certaines zones du cerveau. D'autres font la comparaison avec un ordinateur. Un enfant visualise un arbre dans l'illustration du neurone. Les liens qu'ils font sont pertinents. Les supports visuels et le visionnage des vidéos amènent de nombreux commentaires et questionnements intéressants. Ils veulent notamment savoir combien il y a de neurones dans le cerveau et ce qu'il se passe quand ceux-ci ne fonctionnent plus. Une élève imagine que les personnes malentendantes ont des neurones défaillants dans la zone

cérébrale responsable de l'ouïe. Je leur donne quelques brèves explications, mais je profite de maintenir leur intérêt en leur disant que leurs interrogations trouveront des réponses dans la suite du projet.

Pour amorcer la séquence sur les troubles neurodéveloppementaux, je reprends la remarque pertinente de mon élève concernant les personnes malentendantes. Je projette l'image du cerveau et de ses lobes et j'utilise l'idée de ma collègue qui consiste à différencier les zones cérébrales dysfonctionnelles des autres à l'aide de téléphones. Lorsqu'un smartphone se trouve dans une partie du cerveau, alors celle-ci s'active correctement. Au contraire, quand c'est un ancien portable, cela signifie que les connexions se font plus difficilement. Les enfants comprennent facilement ce comparatif et s'amuse à donner différents exemples. Plusieurs élèves font directement le lien avec leurs propres difficultés en plaçant l'image du vieux téléphone sur la fonction cérébrale qu'ils estiment être défaillante (langage, attention, mémoire). Ils amènent des réflexions pertinentes et se sentent concernés par la thématique. C'est également le cas en lisant les textes sur les troubles neurodéveloppementaux. Certains enfants se reconnaissent eux-mêmes dans le descriptif ou identifient les spécificités présentes chez d'autres camarades. Avec ces supports écrits que nous lisons ensemble dans le groupe, ils sont capables de nommer les forces et les faiblesses du

personnage. Avec l'accompagnement de l'adulte, ils peuvent également définir des idées de soutien. Lors de la présentation orale de chaque groupe, je remarque que certains enfants ont une bonne compréhension de ce qui est présenté et font facilement des ponts entre les fonctions cérébrales et le descriptif du personnage. D'autres élèves au contraire se perdent dans leurs pensées et peinent à rester attentifs. Pour les maintenir davantage dans la tâche, il pourrait être pertinent de leur fournir un support visuel comme une image-repère du cerveau afin qu'ils puissent plus facilement reconnaître les zones concernées par les caractéristiques du personnage présenté.

Par manque de temps, la séquence sur la neuroplasticité se fera au retour des vacances d'automne. Je prends cependant le temps d'évaluer de manière formative les connaissances des élèves concernant la structure du cerveau et son activité lors de la réalisation d'une tâche (voir Annexes I et J). Mis à part un élève, tous dessinent le cerveau avec des traits de séparation pour montrer ses différentes parties. Quatre enfants sont capables de nommer un ou plusieurs lobes et six élèves évoquent les fonctions cérébrales en utilisant pour certains les pictogrammes vus et exploités durant les leçons. Une fille ajoute des informations sur les connexions neuronales et le système nerveux de l'entier du corps. Lorsqu'ils imaginent devoir donner le mot

allemand qui correspond à une image, cinq élèves désignent les zones du cerveau qui s'activent : la vue, l'attention, le langage, le toucher, les émotions ou encore la mémoire. Un garçon dessine simplement les réseaux neuronaux pour montrer les différents chemins qu'il est possible d'emprunter. Une élève imagine que le cerveau active le mode allemand pour rechercher la bonne réponse et une autre qu'il se charge de faire la traduction. Un garçon évoque la mémoire en expliquant que le cerveau se souvient d'un mot s'il l'a déjà vu. Finalement, deux enfants n'ont pas compris la consigne et n'ont par conséquent pas réalisé l'exercice.

Lors du petit moment d'échange avec les enfants, je remarque qu'il ne leur est pas facile de donner un retour précis sur ces séquences d'enseignement. Il aurait certainement été plus judicieux de leur demander leurs impressions à la fin de chaque leçon, mais il n'a pas été systématiquement possible de le faire, un certain nombre d'enfants devant se rendre à leur thérapie respective au terme de ces séquences. De manière générale, tous les élèves ont apprécié les activités de ce projet en neurosciences. Certains ont spécialement aimé les explications sur les neurones et la présentation des personnages rencontrant des difficultés. Plusieurs enfants ont trouvé que le travail sur les fonctions cérébrales était un peu long et par conséquent ennuyeux. Pour conclure, une fille a manifesté sa

satisfaction en montrant le carnet dans lequel elle a pris des notes. Selon elle, les différentes explications reçues lui permettent « de savoir ce qu'il y a en elle et comment cela fonctionne ».

Conclusion

Arrivée au terme de mon travail, j'éprouve un sentiment de satisfaction. Bien qu'au départ, plusieurs élèves semblaient peu motivés par la thématique du cerveau, un intérêt croissant s'est développé au fur et à mesure des séquences. L'utilisation de supports visuels et de vidéos a permis de soutenir et d'affiner les représentations mentales des élèves. En travaillant à plusieurs reprises en petits groupes, chaque enfant a eu l'occasion de s'engager et de participer davantage dans les activités. Le rappel des contenus précédents en début de chaque nouvelle leçon a permis les mises en liens entre les différentes séquences. Les diverses interventions des élèves ont montré que les sujets abordés se situaient dans leur zone proximale de développement, qu'ils étaient capables de les comprendre et de faire des ponts avec leur propre vécu. Après sept unités consacrées à la thématique du cerveau, la majorité des enfants présente de meilleures connaissances sur sa structure (lobes) et son fonctionnement (réseaux de neurones et fonctions cérébrales). Quelques élèves rencontrent cependant des difficultés de mémorisation et ont besoin de s'appuyer sur les supports

visuels ou de bénéficier de la guidance de l'adulte pour se souvenir des éléments discutés en classe. Globalement, j'ai remarqué durant ce projet une augmentation de l'engagement des élèves, de leur participation, de leur attention et de leur motivation.

Les séquences d'enseignement n'ayant été menées qu'après des onze élèves de ma classe, ma recherche présente une limite quant à la taille de l'échantillon. Les observations réalisées et les résultats obtenus ne peuvent donc pas être généralisés. Il s'agirait d'étendre cette recherche à davantage d'enfants afin d'avoir une vision plus générale de l'effet de ces interventions. Il serait intéressant dans un premier temps de le faire dans les autres classes de mon établissement, puis d'élargir cela à d'autres institutions.

Une deuxième limite est liée au fait que les résultats sont obtenus uniquement sur la base d'observations et qu'il y a par conséquent une grande part de subjectivité. L'utilisation d'outils standardisés permettrait d'évaluer plus précisément l'évolution des enfants dans des domaines précis notamment l'estime de soi et le sentiment de contrôle.

La dernière limite importante de ma recherche est celle du temps. En effet, je n'ai pu que vérifier si les élèves avaient une meilleure connaissance du cerveau et de son fonctionnement après les leçons dispensées. Même si leur attitude a évolué

positivement durant ces séquences d'enseignement, il serait intéressant de prolonger cet exercice pour voir si ces connaissances amènent un changement dans leur posture globale, c'est-à-dire s'ils s'engagent plus activement dans leurs apprentissages et s'ils développent de nouvelles stratégies. Il serait également pertinent d'analyser l'impact de ces interventions chez les élèves, aux niveaux des représentations qu'ils ont de leurs apprentissages, de leur estime de soi et de leur motivation au quotidien.

Étant convaincues de l'effet positif qu'apporte la transmission des connaissances en neurosciences aux enfants, mes collègues et moi-même allons continuer à consacrer une leçon par semaine à cette thématique avec nos 11 élèves. Nous aborderons notamment les fonctions exécutives avec les personnages de la méthode Réflexo (Gagné et Longpré, 2004). Puis, afin de favoriser le plaisir des enfants et leur engagement actif dans ce projet, nous envisageons de poursuivre l'entraînement de ces différentes compétences en nous appuyant sur des jeux de société stimulants et ludiques comme par exemple « Bazar Bizarre » pour l'inhibition, « Ouga Bouga » pour la mémoire de travail, « Les conquérants » pour la flexibilité mentale, « Le chemin de la maison » pour la planification ou encore « Attention aux loups » pour l'attention.

Lorsque les enfants auront intégré le fonctionnement de ces différents jeux, il serait sans doute stimulant et intéressant de les impliquer dans la création de leur propre jeu. Ce projet leur permettrait de remobiliser et réinvestir leurs acquis et de leur donner davantage de sens. L'objectif serait de présenter le jeu inventé par mes élèves en classe à d'autres camarades afin de valoriser leur travail et leur engagement.

En parallèle à cette leçon hebdomadaire consacrée aux neurosciences, je souhaite intégrer dans ma pratique certains exercices du programme MIO© (Modèle Interne Opératoire) afin de diminuer le stress et l'anxiété chez mes élèves et de favoriser une bonne santé mentale. Les enfants que nous accueillons ont généralement des difficultés à reconnaître et gérer leurs émotions. Ils sont facilement envahis par la frustration, la colère, la tristesse ou la peur et peinent à trouver les ressources nécessaires pour développer des stratégies de régulation émotionnelle. Les activités « MindMasters » seraient par conséquent utiles pour leur amener des techniques de détente et de bien-être.

Après ce projet d'une année scolaire en neurosciences de l'éducation mené avec ma classe, j'aimerais composer une mallette pédagogique que je pourrais transmettre aux collègues de mon institution. Afin qu'ils puissent la prendre en main plus facilement et l'utiliser avec leurs élèves respectifs, je leur proposerais une courte

formation sur les notions essentielles que j'ai acquises durant mon CAS en neurosciences de l'éducation. J'estime en effet important d'amener et de partager mes nouvelles connaissances au sein de mon institution, à mes collègues enseignants spécialisés dans un premier temps, puis aux thérapeutes (logopédistes, psychologues et psychomotriciennes) et éducateurs dans un second temps.

Mon souhait est également d'associer les familles à ce projet. En effet, certains parents rencontrent des difficultés à comprendre le trouble de leur enfant ainsi que son impact sur son fonctionnement et ses apprentissages et plus largement dans son quotidien. Ils sont régulièrement démunis et ne savent pas quel accompagnement proposer. Durant les réunions, je vais par conséquent profiter de mes acquis pour apporter des explications et suggérer des pistes d'action. Par la suite, j'aimerais développer une brochure qui donnerait des indications élémentaires sur les différents troubles neurodéveloppementaux : leurs causes, leurs effets sur le développement de l'enfant et les éléments à mettre en place pour offrir un soutien optimal. Ce fascicule permettrait aux parents d'acquérir certaines notions essentielles à une bonne collaboration avec l'école et de les outiller davantage dans leur compréhension du trouble de leur enfant.

Ce CAS en neurosciences de l'éducation m'a apporté de nombreuses

connaissances qui me sont utiles dans mon quotidien professionnel. Bien que ma formation initiale d'enseignante spécialisée et les formations continues suivies m'aient apporté le bagage nécessaire à la gestion d'une classe d'élèves avec des besoins particuliers, il m'est arrivé ponctuellement de me sentir un peu démunie pour venir en aide à des enfants qui semblaient avoir renoncé à apprendre. J'ai désormais une meilleure compréhension du fonctionnement de mes élèves et par conséquent de nouvelles idées d'accompagnement qui, j'en suis certaine, relanceront leur motivation et leur permettront d'avoir un autre regard sur leurs difficultés. Finalement, j'ai à cœur de pouvoir partager ces acquis avec les personnes qui m'entourent, c'est-à-dire mes collègues, mes élèves et leurs parents. J'estime en effet important que cette formation m'aide à progresser dans ma pratique et à favoriser la mise en place d'une prise en charge optimale et individualisée de chaque enfant tant au niveau scolaire que familial.

Notes Article édité par Madame Jade Vouilloz, département de psychologie clinique et de la santé, Université de Fribourg, jade.vouilloz@unifr.ch

Références

American Psychiatric Association. (2015). *DSM-5 : manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux* (traduit par J.-D. Guelfi et M.-A. Crocq; 5^e éd.). Elsevier Masson

- Baddeley A. (2012). Working memory: theories, models, and controversies. *Annual review of psychology*, 63, 1–29. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-120710-100422>
- Berthier, J. (2019). Les neurosciences et l'avenir de l'éducation. Apprendre et enseigner autrement. *Futuribles*, 428(1), 81-91. <https://doi.org/10.3917/futur.428.0081>.
- Bolle, M., & Stordeur, J. (2020). *Comment développer les fonctions exécutives dans le fondamental ?* Editions At-zéo.
- Bourassa, M., Menot-Martin, M. & Pillion, R. (2021). *Neurosciences et éducation. Pour apprendre et accompagner*. De Boeck Supérieur.
- Brault Foisy, L.-M. et Masson, S. (2022) Mieux comprendre les mécanismes cérébraux d'apprentissage pour faciliter la mise en application des connaissances issues de la recherche et favoriser la réussite scolaire des élèves. *Cortica* 1(1), 219–235. <https://doi.org/10.26034/cortica.2022.1956>
- Carter, R. (2019). *Neurosciences minute : Mémoire, intelligence, langages, 200 concepts clés sur le cerveau*. Éditions Contre-dires
- Cavézian, C. et Chokron, S. (2012). À la recherche d'une atteinte cérébrale dans l'autisme : où en sommes-nous ? *Rev Neuropsychol*, 4(1), 36-42. <https://doi.org/10.1684/nrp.2012.0201>
- Compagnon, P. (2014). Neurosciences et autisme. Dans Dominique Yvon éd., *À la découverte de l'autisme : Des neurosciences à la vie en société* (pp. 37-43). Dunod.
- <https://doi.org/10.3917/du-nod.yvon.2014.01.0037>
- Croisile, B. (2009). Approche neurocognitive de la mémoire. *Gérontologie et société*, 32(130), 11-29. <https://doi.org/10.3917/g.s.130.0011>
- Dehaene, S. (2018). *Apprendre! Les talents du cerveau, le défi des machines*. Odile Jacob.
- Desaunay P., Guérolé, F., Eustache, F., Baleyte, J. M., & Guillery-Girard, B (2014). Autisme et connectivité cérébrale : contribution des études de neuroimagerie à la compréhension des signes cliniques. *Rev Neuropsychol*, 6(1), 25-35. <https://doi.org/10.1684/nrp.2014.0296>
- Diamond A. (2013). Executive functions. *Annu Rev Psychol*, 64, 135-68.
- Draganski, B., Gaser, C., Busch, V., Schierer, G., Bogdahn, U., & May, A. (2004). Neuroplasticity: changes in grey matter induced by training. *Nature*, 427(6972), 311–312. <https://doi.org/10.1038/427311a>
- Ellemborg, D. (s. d.). *Le trouble développemental du langage*. Association québécoise des neuropsychologues.
- 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>
- 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. (2023). PRESENCE DE RÉSEAUX DE NEURONES : OÙ EST LE PLAN POUR NE PAS SE PERDRE DANS L'IMMENSITÉ DE CETTE FORÊT ? Deuxième épisode d'une série de huit épisodes sur le cerveau. *Cortica*, 2(1), 1-9. <https://doi.org/10.26034/cortica.2023.3793>
- Fahim, C. (2024). L'Élagage synaptique. *Cortica*, 3(2), 1-20. <https://doi.org/10.26034/cortica.2024.6091>
- Foulkes, L. & Blakemore, S.J. (2018). Studying individual differences in human adolescent brain development. *Nature Neurosci.*, 21(3), 315-323.
- Fournier, M. (2019). Les quatre piliers de l'apprentissage. *Sciences Humaines*, 318(10), 5-5. <https://doi.org/10.3917/sh.318.0005>
- Franc, N., Maury, M. et Purper-Ouakil, D. (2008). Trouble déficit de l'attention/hyperactivité (TDAH) : quels liens avec l'attachement ? *L'Encéphale*, 35, 256-261. <https://doi.org/10.1016/j.en-cep.2008.04.007>
- Gagné, P. P., & Longpré, L.-P. (2004). *Apprendre...avec Réfecto*. Chenelière Éducation
- Gagné, P., Leblanc, N., & Rousseau, A. (2009). *Apprendre une question de stratégies. Développer les habiletés liées aux fonctions exécutives*. Éditions de la Chenelière
- Gaser, C., & Schlaug, G. (2003). Brain structures differ between musicians and non-musicians. *J. Neurosci.*, 23(27), 9240-9245
- Giedd, J. N., et al. (2019). Brain development during childhood and adolescence: a longitudinal MRI study. *Nature Neurosci.*, 2, 861-863.
- Guay, M.-C. (s. d.). *Dyslexie/Dysorthographe. Quand lire et écrire fait souffrir : l'A, B, C de la dyslexie*. Association québécoise des neuropsychologues
- Habib, M., et al. (2016). Music and dyslexia. A new musical training method to improve reading und related disorders. *Frontiers in Psychologie*.
- Habib, M. (2017). La dyslexie, un cerveau à remodeler. *Sciences Humaines*, 291, 11-11. <https://doi.org/10.3917/sh.291.0011>
- Houdé, O., & Borst, G. (2018). *Le cerveau et les apprentissages*. Edition Nathan.
- Hubel, D. H., & Wiesel, T. N. (1998). Early exploration of the visual cortex. *Neuron*, 20, 401-412
- Ilyka, D., Johnson, M. H., & Lloyd-Fox, S. (2021). Infant social interactions and brain development: A systematic review. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, 130, 448-469. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2021.09.001>
- Ismail, F. Y., Fatemi, A., & Johnston, M. V. (2017). Cerebral plasticity: Windows of opportunity in the developing brain. *European journal of paediatric neurology : EJPN : official journal of the European Paediatric Neurology Society*, 21(1), 23-48. <https://doi.org/10.1016/j.ejpn.2016.07.007>
- Kol, A., Adamsky, A., Groysman, M., Kreisel, T., London, M., & Goshen, I. (2020). Astrocytes contribute to remote memory formation by modulating hippocampal-cortical communication during learning. *Nature neuroscience*, 23(10), 1229-1239. <https://doi.org/10.1038/s41593-020-0679-6>

- Kolb, B., & Gibb, R. (2011). Brain plasticity and behaviour in the developing brain. *Journal of the Canadian Academy of Child and Adolescent Psychiatry, 20*(4), 265–276. <https://doi.org/10.1017/S0954579415000206>
- Lanoë, C., Rossi, S., Froment, L., & Lubin, A. (2015). Le programme pédagogique neuroéducatif « A la découverte de mon cerveau » : Quels bénéfices pour les élèves de l'école élémentaire. *ANAE – Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant, 134*.
- Leisman, G., Machado, C., Melillo, R., & Mualem, R. (2012). Intentionality and "free-will" from a neurodevelopmental perspective. *Frontiers in integrative neuroscience, 6*, 36. <https://doi.org/10.3389/fnint.2012.00036>
- Masi, L., & Gignac, M. (2017). TDAH et comorbidités en pédopsychiatrie. Pathologies psychiatriques, affections médicales, troubles de l'apprentissage et de la coordination. *Annales Médico-psychologiques, revue psychiatrique, 175*(5), 422-429.
- Masi, M. (2023). An evidence-based critical review of the mind-brain identity theory. *Frontiers in psychology, 14*, 1150605. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1150605>
- Masson, S. (2020). *Activer ses neurones pour mieux apprendre et enseigner*. Odile Jacob.
- Merck & Co. (2024). *Le manuel MSD, Version pour le grand public*. <https://www.msds-manuals.com/fr/accueil/multimedia/image/structure-dune-cellule-nerveuse?ruleredirectid=475>
- McGowan, P. O. & Roth, T. L. (2015). Epigenetic pathways through which experiences become linked with biology. *Development and psychopathology, 27*(2), 637-648. <https://doi.org/10.1017/S0954579415000206>
- OpenAI. (2023). *ChatGPT* (Mar 14 version) [Large language model]. <https://chat.openai.com/chat>
- Puyjarinet, F., Franc, N. & Purper-OUakil (2012). Pédopsychiatrie et psychomotricité : apports spécifiques, complémentarité thérapeutique et réflexions communes autour de la prise en charge des enfants TDA/H et leur famille. *Entretiens de Psychomotricité, 13-25*.
- Ruda, M. A., Ling, Q. D., Hohmann, A. G., Peng, Y. B., & Tachibana, T. (2000). Altered nociceptive neuronal circuits after neonatal peripheral inflammation. *Science (New York, N.Y.), 289*(5479), 628–631. <https://doi.org/10.1126/science.289.5479.628>
- Sanscartier, A. (2021). *100 milliards de neurones, Le livre qui t'apprend à mieux apprendre*. Éditions Midi Trente.
- Schiffmann, S. N. (2001). Le cerveau en constante reconstruction : le concept de plasticité cérébrale. *Cahiers de psychologie clinique, 16*, 11-23. <https://www.cairn.info/revue-cahiers-de-psychologie-clinique-2001-1-page-11.htm>
- Selemon L. D. (2013). A role for synaptic plasticity in the adolescent development of executive function. *Translational psychiatry, 3*(3), e238. <https://doi.org/10.1038/tp.2013.7>
- Simon, T. (2017). La mémoire : entre adhérence et désadhérence. Dans L. Gastaldi, C. Krohmer & C. Parapanaris (dir.), *Activités et collectifs. Approches cognitives et organisationnelles*. Presses Universitaires de Provence

- Simons, D. J., & Chabris, C. F. (1999). Gorillas in our midst: sustained inattention blindness for dynamic events. *Perception*, 28(9), 1059–1074.
<https://doi.org/10.1068/p281059>
- Sonuga-Barke, E. J., Dalen, L., & Remington, B. (2003). Do executive deficits and delay aversion make independent contributions to preschool attention-deficit/hyperactivity disorder symptoms?. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 42(11), 1335–1342.
<https://doi.org/10.1097/01.chi.0000087564.34977.21>
- Tordjman, S.(2005) . État actuel sur les recherches biologiques dans l'autisme. *Cahiers de PréAut*, 2(1), 33-51. <https://doi.org/10.3917/capre.02.0033>.
- Uhlhaas, P. J., Roux, F., Singer, W., Haenschel, C., Sireteanu, R. & Rodriguez, E. (2009). The development of neural synchrony reflects late maturation and restructuring of functional networks in humans. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(24), 9866–9871.
<https://doi.org/10.1073/pnas.0900390106>
- Université McGill. (s.d.). *Le cerveau à tous les niveaux*. https://lecerveau.mcgill.ca/flash/i/i_10/i_10_cr/i_10_cr_lan/i_10_cr_lan.html
- Vuille, A. (2023). Et si ton cerveau ressemblait à une station de ski : création d'un support pédagogique neuro-éducatif qui permet aux élèves de 7 à 10 ans de comprendre le fonctionnement du cerveau humain. *Cortica*, 2(2), 54-90.
<https://doi.org/10.26034/cortica.2023.4217>
- Witt, S. T., van Ettinger-Veenstra, H., Salo, T., Riedel, M. C. & Laird, A. R. (2021). What Executive Function Network is that? An Image-Based Meta-Analysis of Network Labels. *Brain Topography*, 34(5), 598-607.
<https://doi.org/10.1007/s10548-021-00847-z>

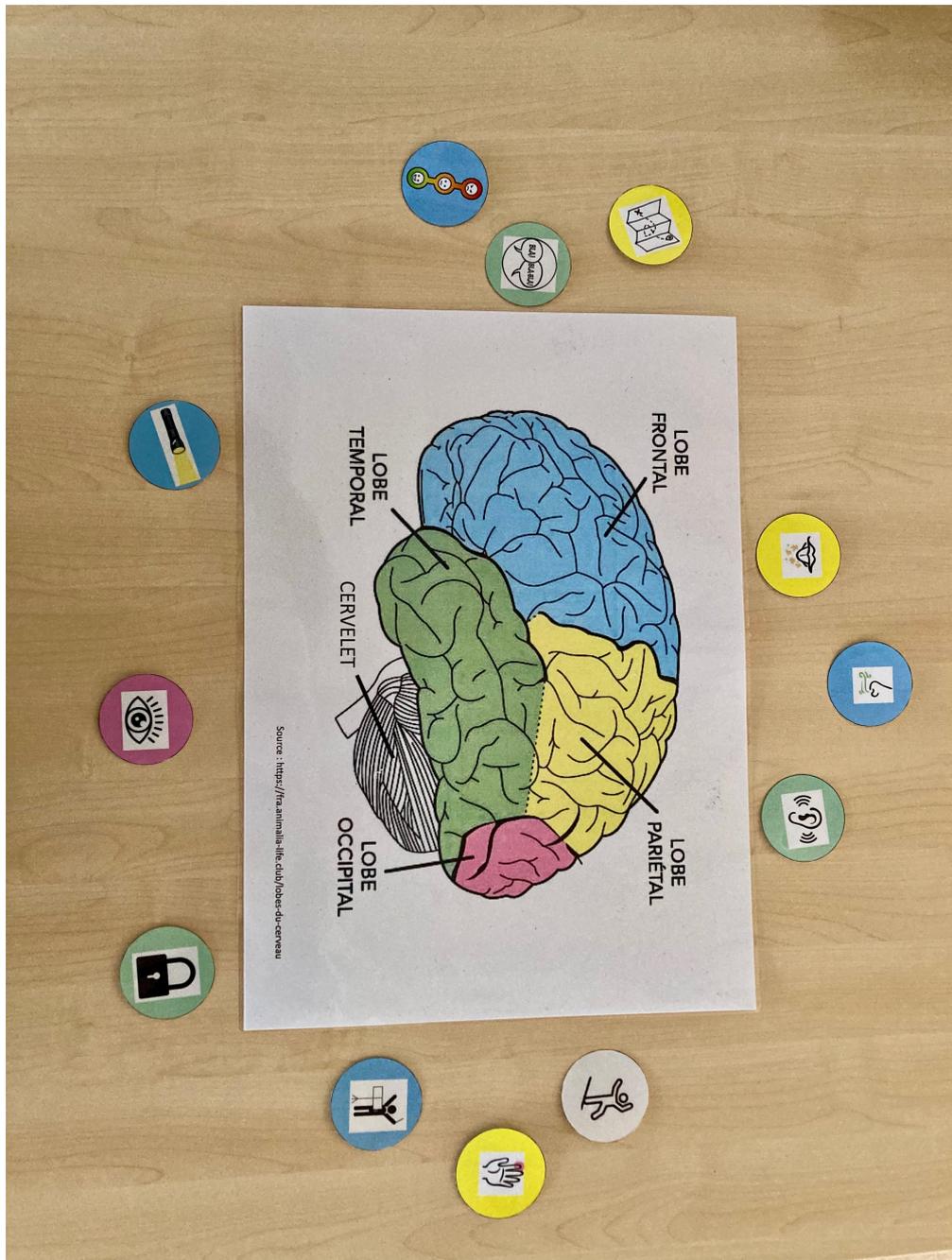
Annexes

Annexe A : représentation et connaissances des élèves sur le cerveau

Mes connaissances sur le cerveau

1. *A quoi ressemble un cerveau ? Fais un dessin et nomme les différentes parties que tu connais.*
2. *Selon toi, qu'est-ce qu'il se passe dans ton cerveau lorsque tu fais une activité ? Par exemple lorsque tu lis un mot. Fais un dessin puis donne les explications.*
3. *A ton avis, que doit faire ton cerveau pour bien apprendre ? Par exemple, lorsque l'enseignante explique une nouvelle règle d'orthographe.*

Annexe B nommer les lobes cérébraux



Annexe C découverte du personnage Hugo

HUGO

Voici mon cousin Hugo. Il est né avec un cerveau qui fonctionne un peu autrement que le mien. Quand je lui raconte des blagues, il ne comprend pas toujours. Et quand il reçoit des consignes trop longues, il se sent perdu et ne sait pas quoi faire. Il aime bien jouer avec les autres enfants de son quartier mais c'est souvent difficile pour lui d'entrer en relation.

Hugo va à l'école et apprécie les rituels de la classe comme le moment d'accueil le matin ou le menu du jour affiché au tableau. Quand il y a un changement de dernière minute, il se sent stressé et peut se mettre à pleurer ou à crier.

Mon cousin est passionné par les voitures anciennes. Sa bibliothèque est remplie de livres à ce sujet. Il s'entraîne aussi à dessiner ces voitures et en reçoit certaines en modèles réduits. Il connaît une quantité de choses sur ce sujet. Mais parfois, j'aimerais bien qu'il s'intéresse à d'autres activités.

Hugo entend chaque bruit et voit tout ce qui se passe autour de lui. Quand il y a trop d'agitation, il devient nerveux et peut avoir des gestes brusques. Il a donc besoin de se retrouver au calme.

Mon cousin est différent des autres enfants mais je l'aime beaucoup. Je comprends petit à petit comment il fonctionne et ça m'aide à passer de bons moments avec lui.



Annexe D : découverte du personnage Lisa

LISA

Ma meilleure copine s'appelle Lisa. Je la connais bien car elle est dans ma classe depuis la 1H. J'ai tout de suite remarqué qu'elle était un peu différente des autres enfants car elle ne parlait pas beaucoup et avait du mal à se faire comprendre. Quand la maîtresse lui demandait quelque chose, on voyait sur son visage qu'elle n'avait pas toujours bien compris ce qu'elle devait faire. J'ai raconté cela à mes parents qui m'ont expliqué que le cerveau de Lisa fonctionnait autrement que le mien.

Pour l'aider à mieux parler et à mieux comprendre les autres, Lisa est allée voir une logopédiste. Elles ont fait différents exercices ensemble et Lisa s'est améliorée.

Maintenant que nous sommes plus grandes, Lisa et sa logopédiste travaillent plus souvent la lecture et l'écriture. Ces domaines-là sont aussi difficiles pour Lisa. Elle a besoin de temps pour reconnaître les différents sons et les mots. Comme cela lui prend beaucoup d'énergie, elle ne comprend pas toujours ce qu'elle lit. Et quand il faut écrire des phrases, elle a souvent

besoin d'aide. Par contre, elle a toujours beaucoup d'idées quand elle doit dessiner ou bricoler. Elle fait vraiment de très belles choses.

Je l'admire beaucoup Lisa car même si elle a des difficultés en langage, elle reste une amie souriante avec laquelle je m'amuse énormément.



Annexe E : découverte du personnage Victor

VICTOR

Mon petit frère Victor est un vrai tourbillon. Il grimpe, il saute et il court tout le temps. Il est plein d'énergie et ne s'arrête que quand il dort. Il aime aussi beaucoup parler mais a de la peine à écouter les autres. Quand on fait un jeu ensemble, il veut toujours être le premier et se montre impatient quand il doit attendre son tour. Je trouve cela parfois agaçant mais mes parents m'ont expliqué qu'il ne fait pas exprès. Victor est né comme ça et son cerveau fonctionne un peu différemment du mien.

Victor a toujours une quantité d'idées et de projets dans la tête. Il invente des jeux, des histoires, des bricolages, ... Il est vraiment très créatif. Mais comme il y a beaucoup d'agitation dans son corps et dans sa tête, il oublie souvent ses affaires ou les perd même parfois.

A l'école, les journées sont longues car il doit rester assis et tranquille. Alors il pense à plein de choses différentes, il regarde par la fenêtre et observe les oiseaux, ... La maitresse doit souvent lui redire les consignes et l'aider à rester concentré. Elle sait qu'il ne fait pas exprès donc elle essaie de le soutenir.

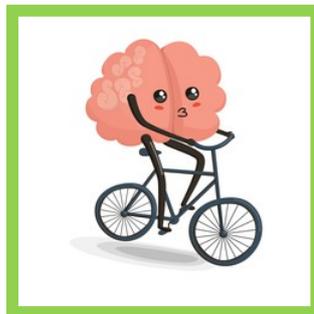
Victor doit faire de nombreux efforts tous les jours et ce n'est pas facile pour lui. Je le trouve courageux et je suis fière d'être sa grande sœur.



Annexe F : Les 4 piliers de l'apprentissage



ATTENTION



ENGAGEMENT ACTIF



RETOUR SUR ERREUR



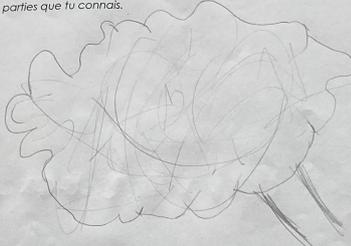
CONSOLIDATION

Annexe G : représenter le cerveau

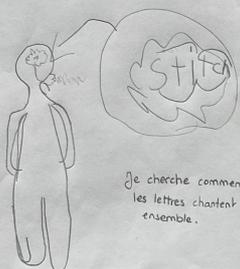
Prénom: ARIANA Date: 27/08/2024

Mes connaissances sur le cerveau

1. A quoi ressemble un cerveau ? Fais un dessin et nomme les différentes parties que tu connais.



2. Selon toi, qu'est-ce qu'il se passe dans ton cerveau lorsque tu fais une activité ? Par exemple lorsque tu lis un mot. Fais un dessin puis donne les explications.



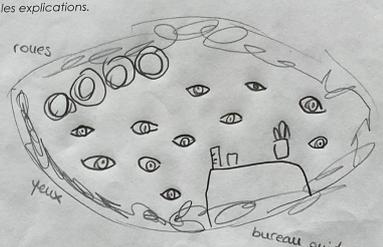
Prénom: Sabine Date:

Mes connaissances sur le cerveau

1. A quoi ressemble un cerveau ? Fais un dessin et nomme les différentes parties que tu connais.



2. Selon toi, qu'est-ce qu'il se passe dans ton cerveau lorsque tu fais une activité ? Par exemple lorsque tu lis un mot. Fais un dessin puis donne les explications.

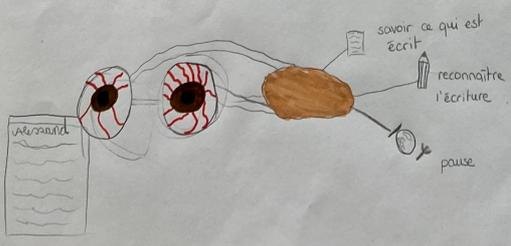


Mes connaissances sur le cerveau

1. A quoi ressemble un cerveau ? Fais un dessin et nomme les différentes parties que tu connais.

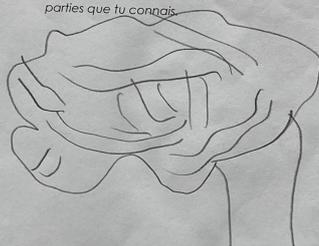


2. Selon toi, qu'est-ce qu'il se passe dans ton cerveau lorsque tu fais une activité ? Par exemple lorsque tu lis un mot. Fais un dessin puis donne les explications.

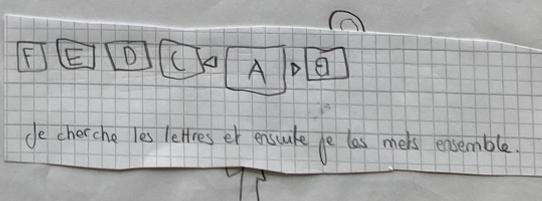


Mes connaissances sur le cerveau

1. A quoi ressemble un cerveau ? Fais un dessin et nomme les différentes parties que tu connais.



2. Selon toi, qu'est-ce qu'il se passe dans ton cerveau lorsque tu fais une activité ? Par exemple lorsque tu lis un mot. Fais un dessin puis donne les explications.

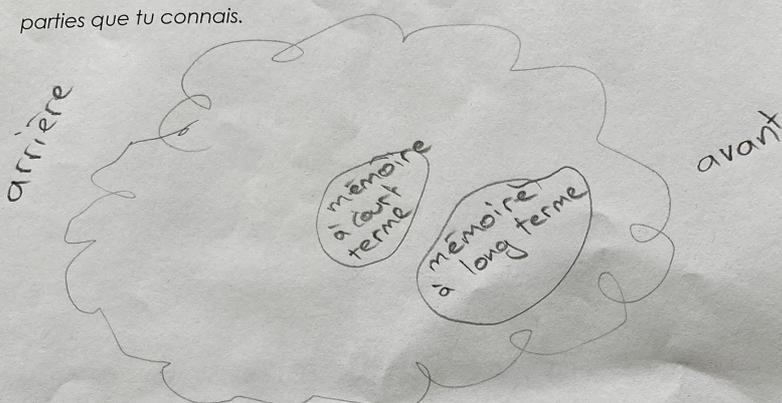


Annexe H : connaissances sur le cerveau

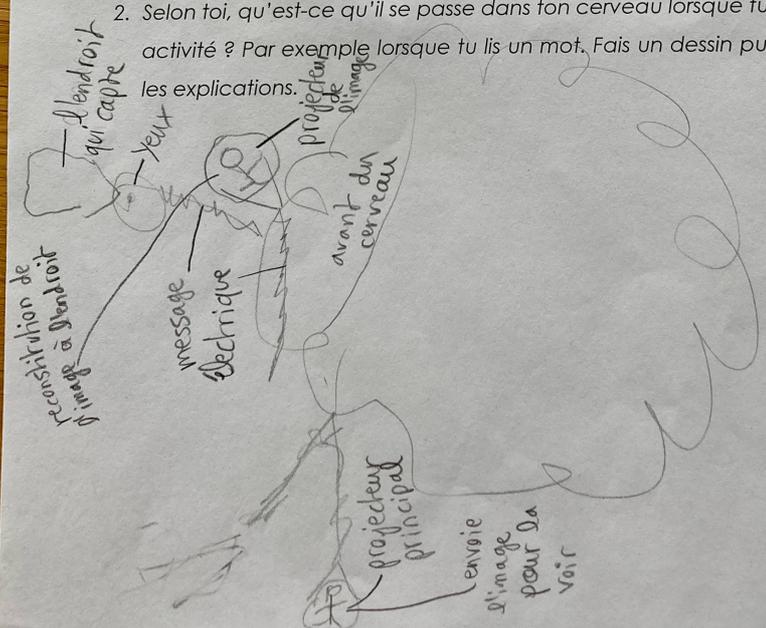
Prénom : ELIO Date : 27/08/24

Mes connaissances sur le cerveau

1. A quoi ressemble un cerveau ? Fais un dessin et nomme les différentes parties que tu connais.



2. Selon toi, qu'est-ce qu'il se passe dans ton cerveau lorsque tu fais une activité ? Par exemple lorsque tu lis un mot, Fais un dessin puis donne les explications.



Annexe J : évaluation formative (exemple 2)

Prénom : Salim Date : 10.10.24

Le cerveau – Evaluation formative

Dessine un cerveau et nomme les différentes parties que tu connais.



lobe temporal
lobe frontal
lobe pariétal

Durant la leçon d'allemand, tu vois une image et tu dois dire le mot qui correspond en allemand. Que se passe-t-il dans ton cerveau ? Explique et/ou dessine.



Prénom : Méjane Date : 10.10.24

Le cerveau – Evaluation formative

Dessine un cerveau et nomme les différentes parties que tu connais.

VÀ LA
MON idée



Le gaine
LA VUE
L'odorat
L'ouïe
L'écriture

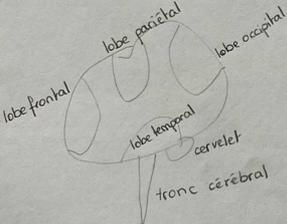
Durant la leçon d'allemand, tu vois une image et tu dois dire le mot qui correspond en allemand. Que se passe-t-il dans ton cerveau ? Explique et/ou dessine.



Le cerveau
Français chat
Allemand KATZEL

VÀ LA
MA réponse

Dessine un cerveau et nomme les différentes parties que tu connais.

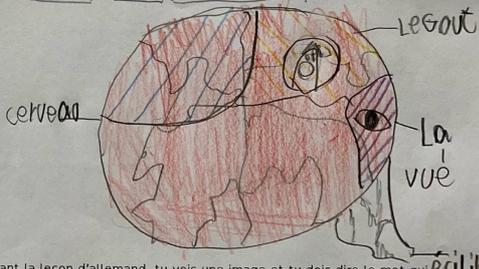


lobe frontal
lobe pariétal
lobe occipital
lobe temporal
cervelet
tronc cérébral

Durant la leçon d'allemand, tu vois une image et tu dois dire le mot qui correspond en allemand. Que se passe-t-il dans ton cerveau ? Explique et/ou dessine.

œil voit l'image
cherche dans la mémoire si un mot correspond à l'image
si un mot correspond, le cerveau envoie le mot vers la bouche
avec un message électrique

Dessine un cerveau et nomme les différentes parties que tu connais.



Le goût
La vue
l'écriture

Durant la leçon d'allemand, tu vois une image et tu dois dire le mot qui correspond en allemand. Que se passe-t-il dans ton cerveau ? Explique et/ou dessine.

