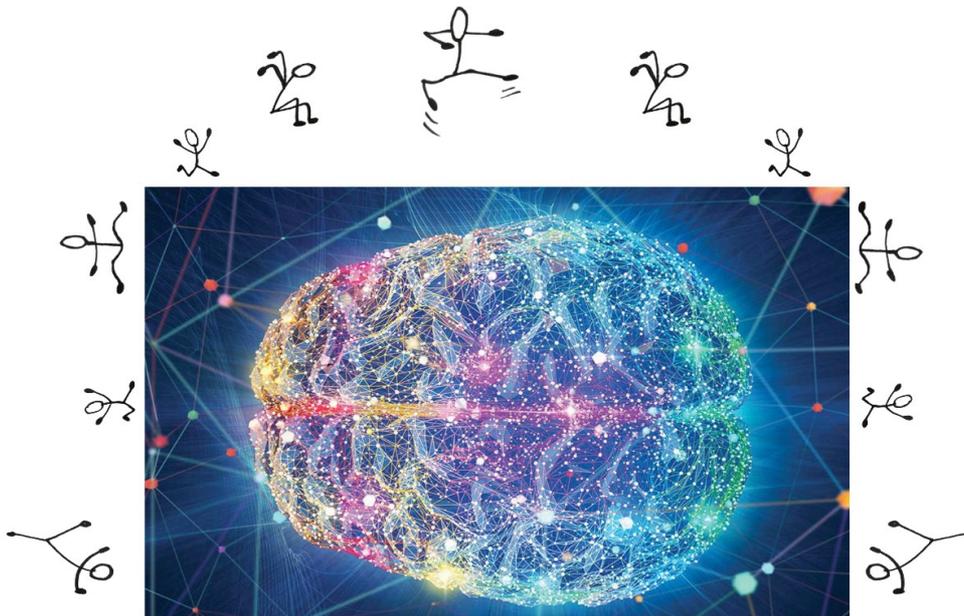


**Utilisation du Neurofeedback dans la prise en charge
psychomotrice d'un jeune adolescent présentant un TDAH**

Mémoire en vue de l'obtention du Diplôme d'État de Psychomotricienne



Sophie VANTAGGIO
DE de Psychomotricité – Année 2021-2022

Soutenance : juin 2022

Sommaire

INTRODUCTION.....	3
PARTIE THEORIQUE.....	5
I.Qu'est ce que le Neurofeedback ?.....	5
1.Généralités :.....	5
1.Définition :.....	5
2.Principe général :.....	5
3.Fondements théoriques :.....	8
2.Mesure de l'activité cérébrale.....	9
1.EEG et équipement.....	9
2.Activité mesurée.....	10
3.Ondes cérébrales / Rythmes cérébraux.....	10
4.Signal obtenu.....	11
II.Le NFB appliqué au TDAH.....	14
1.Différents profils EEG du TDAH.....	14
2.Application pratique du NFB au TDAH :.....	18
1.Approche basée la littérature scientifique.....	18
2.Approche basée sur l'EEG quantitatif.....	21
3.Avantages / inconvénients des 2 approches.....	24
III.Efficacité du NFB pour le TDAH :.....	25
1.Effet du NFB sur les symptômes du TDAH.....	25
2.Comparaison de l'efficacité entre NFB et Traitement pharmacologique.....	29
3.Effet à long terme du NFB sur le TDAH.....	30
PARTIE PRATIQUE.....	33
I.Présentation du patient.....	33
1.Contexte.....	33
2.Anamnèse.....	33
3.Les bilans.....	35
1.Bilan psychologique – à 9ans et 11mois.....	35
2.Bilans psychomoteurs.....	36
4.Synthèse.....	39
5.EEG-Q initial – à 13ans, en 4ème.....	40

II.Prise en charge.....	44
1.Projet de soins global	44
2.Axes et objectifs de prise en charge psychomoteurs.....	45
3.Intervention psychomotrice avec NFB.....	46
1.Plan de prise en charge, programme NFB.....	46
2.Protocole NFB 1.....	46
3.EEG-Q 2 - à 13ans et 2mois.....	52
4.Protocole 2.....	54
4.Rôles et fonctions du psychomotricien.....	60
III.Résultats – Bilan d'évolution.....	64
1.Évolution clinique lors de la prise en charge.....	64
2.Tests psychomoteurs	65
3.Questionnaire BRIEF.....	68
DISCUSSION.....	71
CONCLUSION GENERALE	77

Liste des acronymes utilisés :

- DSM5 : Diagnostic and statistical manual of mental disorders
- EEG-Q : Électroencéphalogramme quantitatif
- FU : Retest en Follow-up (évaluation réalisée à distance de l'intervention)
- HAS : Haute Autorité de Santé
- NFB : Neurofeedback
- PA : Mesures probablement aveugles
- PNA : Mesures probablement non aveugles (réalisées par un proche du sujet)
- PVM : Test de la NEPSY-2 évaluant la précision visuo-motrice
- SCP : Slow Cortical Potentials
- SMR : Rythmes Sensorimoteurs
- TBR : Protocole de NFB visant à faire diminuer le Thêta/Bêta ratio
- TDAH : Trouble déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité

INTRODUCTION

Le trouble déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDAH) « constitue l'un des troubles psychomoteurs les plus répandus chez l'enfant » (Albaret, Marquet-Doléac & Soppelsa, 2011). En cela, il représente un problème majeur de santé publique. En effet, la prévalence du TDAH est d'environ 5% des enfants d'âge scolaire, ce qui équivaut à près de 2,5 millions d'enfants en Europe (Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders – version 5, DSM-5). De plus, il est rapporté que dans 40 à 60% des cas, les troubles persistent à l'adolescence et à l'âge adulte (Faraone, Biederman, & Mick, 2006).

Concernant l'étiologie, les données restent incertaines. Toutefois, elle apparaît comme étant multifactorielle. Ainsi, différents éléments semblent intervenir tels que des facteurs génétiques (Gizer & al., 2009 ; Sharma & al., 2014), physico-chimiques (Yolton & al., 2014 ; Sharma & al., 2014), psychosociaux (Park & al., 2017), pré et péri-nataux (Park & al., 2012 ; Sciberras & al., 2017).

Dans le DSM-5, le TDAH est classé parmi les troubles neuro-développementaux, ce qui le définit comme un dysfonctionnement du développement cérébral entraînant des répercussions à long terme. Les manifestations engendrées par ce trouble peuvent se présenter de différentes façons, ainsi le DSM-5 répertorie trois formes de TDAH : une forme avec Inattention prédominante, une forme avec Hyperactivité et Impulsivité prédominantes, ainsi qu'une forme mixte regroupant les trois caractéristiques. Il convient de préciser que le diagnostic est posé de manière clinique, selon la présence de signes appartenant à ces catégories.

Le TDAH est un trouble qui entraîne des répercussions importantes dans toutes les sphères de la vie quotidienne des personnes concernées, générant une grande souffrance pour elles-mêmes ainsi que pour leur entourage. On note en effet, qu'il est fréquemment associé à une faible estime de soi, de l'anxiété et des troubles de l'humeur (Biederman, 2005 ; Sharma & al., 2014). On retrouve également l'association fréquente avec d'autres troubles neuro-développementaux tels que les Troubles des apprentissages avec le Trouble développemental des coordinations, les Troubles du spectre de l'autisme, etc. (Purper-Ouakil & al., 2006). De plus, il existe une augmentation des risques, pour la personne avec TDAH, de développer un Trouble oppositionnel avec provocation, un Trouble des conduites sociales et/ou une addiction (Biederman, 2005).

Disposer d'interventions adaptées à cette population représente de fait une réelle nécessité. Les recommandations de la Haute autorité de santé (HAS) préconisent une approche multimodale pour la prise en charge du TDAH. Elle consiste à proposer, en première intention, une intervention non médicamenteuse avec des mesures psychologiques, éducatives et sociales (approches cognitivo-comportementales, psychodynamiques, systémiques, guidance parentale, aménagements scolaires, etc.). En seconde intention, lorsque les mesures mises en place ne suffisent pas, une prise en charge médicamenteuse est recommandée.

Les psychostimulants ont prouvé leur efficacité dans la diminution des symptômes du TDAH (Taylor, 2014 ; Storebo & al., 2015). Cependant l'efficacité à long terme et les effets indésirables restent encore débattus (Wang & al., 2013 ; Becker & al., 2016). En effet, bien qu'efficaces, les traitements médicamenteux peuvent entraîner des effets secondaires non négligeables, les plus courants étant une perturbation du sommeil, une perte d'appétit, un ralentissement du développement staturo-pondéral, etc. (HAS ; Graham & al., 2011 ; Cortese & al. 2013). Même si les problématiques sévères sont rares, cela n'en demeure pas moins contraignant dans la vie quotidienne (Storebo & al., 2015 ; Cooper & al., 2011). De plus, le traitement pharmacologique s'avère inefficace dans certains cas (Micoulaud franchi & al., 2011 ; Holtmann & al., 2014) et peut être déconseillé en association avec un autre médicament. En ce sens, les psychostimulants ne sont pas adaptés à toutes les personnes présentant un TDAH.

D'autre part, des études rapportent que les thérapies comportementales présenteraient elles aussi des effets à long terme limités (Molina & al., 2009 ; Riddle & al., 2013).

Devant ce constat, de plus en plus de recherches s'intéressent aux interventions alternatives possibles pour le TDAH. Les études sur le Neurofeedback (NFB) peuvent s'inscrire dans cette dynamique. En effet, le NFB est une approche non médicamenteuse et non invasive, dont les objectifs pour le TDAH sont de diminuer les symptômes (Arns & al., 2015).

Pour ce mémoire, j'ai donc choisis de traiter la problématique suivante : **Quels sont les intérêts de l'utilisation du NFB dans la prise en charge psychomotrice du TDAH ?**

Pour répondre à cette question, nous expliquerons dans une première partie en quoi consiste le NFB, nous détaillerons les applications du NFB au TDAH, puis nous

présenterons des éléments de la littérature scientifique en lien avec l'efficacité du NFB pour le TDAH. La seconde partie de ce mémoire se consacrera à l'étude de cas d'un jeune adolescent présentant un TDAH. Nous aborderons ainsi sa prise en charge psychomotrice avec utilisation du NFB comme outil d'entraînement.

PARTIE THEORIQUE

I. Qu'est ce que le Neurofeedback ?

1. Généralités :

1. Définition :

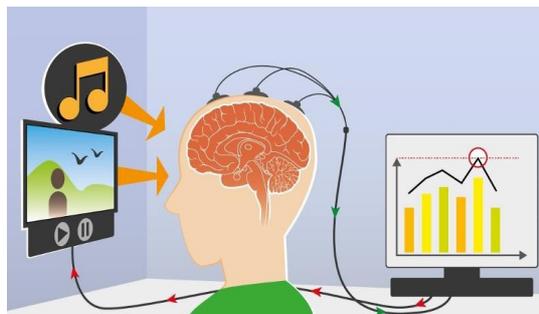


Illustration 1: Présentation générale du NFB

Le NFB est un outil d'entraînement qui permet au sujet « d'apprendre et/ou d'améliorer l'auto-régulation de son activité cérébrale » (Arns, 2014). Il peut ainsi conduire à la modification de son fonctionnement cérébral à plus ou moins long terme (Monastra & al., 2002).

C'est une méthode scientifique qui s'appuie sur l'évolution des connaissances en neurosciences depuis près d'un siècle. La première étude portant sur la mesure de l'activité du cerveau humain par l'électroencéphalogramme (EEG) est publiée en 1929 par Hans Berger. (Durup & Fessard, 1935). Plus tard dans les années 1930-40, des recherches sur l'application du conditionnement classique aux paramètres EEG apparaissent (Durup & Fessard, 1935 ; Loomis & al., 1936 ; Jasper & Shagass, 1941 ; Knott & Henry, 1941). S'en suivent de nombreuses études sur l'utilisation de l'EEG, et avec elles, le début des recherches sur le NFB.

2. Principe général :

Le NFB s'inscrit parmi les techniques de biofeedback. « Le biofeedback est un processus qui permet à une personne d'apprendre à moduler l'activité physiologique de son organisme afin d'améliorer sa santé et ses performances » (Swartz, 2010) via des rétroactions sur la variable physiologique ciblée. Dans le cas du NFB, la mesure physiologique visée est cérébrale.

Il existe plusieurs types de NFB s'intéressant à des fonctions cérébrales différentes. Dans le cadre de ce mémoire, notre propos se concentrera sur la technique de NFB la plus commune : à savoir, l'entraînement des rythmes cérébraux.

Les rythmes cérébraux reflètent le degré d'activité du cerveau et peuvent être corrélés à des états mentaux (Micoulaud Franchi & al., 2011). Ils peuvent en ce sens, être considérés comme des marqueurs physiologiques associés à un symptôme ou à un signe d'une pathologie.

La première étape du NFB consiste alors à cibler le rythme cérébral sur lequel on souhaite avoir une action. *Dans le cas du TDAH, on peut par exemple, chercher à renforcer la présence d'ondes cérébrales en lien avec le contrôle moteur (les rythmes sensorimoteurs ou SMR).*

A l'aide de l'électroencéphalographie, une technique d'imagerie, on mesure l'activité cérébrale (les rythmes cérébraux cibles) du sujet en temps réel. En parallèle, la personne reçoit une rétroaction qui l'informe sur cette activité, et ceci dans un temps très court. C'est le feedback. Il peut prendre la forme de signaux visuels et/ou sonores.

La personne va alors s'entraîner à moduler son activité cérébrale (dans le sens souhaité). *Dans notre exemple : augmenter les SMR.* Pour cela, elle va agir sur son état, essayer différentes stratégies (comme adapter ses émotions, ses comportements, sa façon de penser, orienter son attention sur tel ou tel élément etc.) afin de modifier les signaux du feedback.

Ces retours d'informations, présents en permanence, indiquent au sujet s'il se trouve dans la zone de travail souhaitée ou non. La personne va alors ajuster ses comportements et modifier ses stratégies en fonction de ces indications.

Des valeurs seuils à atteindre ou ne pas dépasser sont calibrées, de sorte que lorsque le sujet se trouve dans l'état souhaité, la rétroaction lui indique qu'il est dans la bonne zone de travail par le biais de récompenses (ex. animations vidéos, musique, gain de points etc.). Ces mêmes éléments sont supprimés lorsque la personne n'est plus dans l'état recherché. *Si on reprend notre exemple : Lorsque les SMR sont au dessus du seuil minimum, la personne se trouve dans l'état souhaité, l'animation vidéo fonctionne. Si les*

valeurs de SMR diminuent et passent en dessous du seuil, la vidéo s'arrête et présente des coupures.

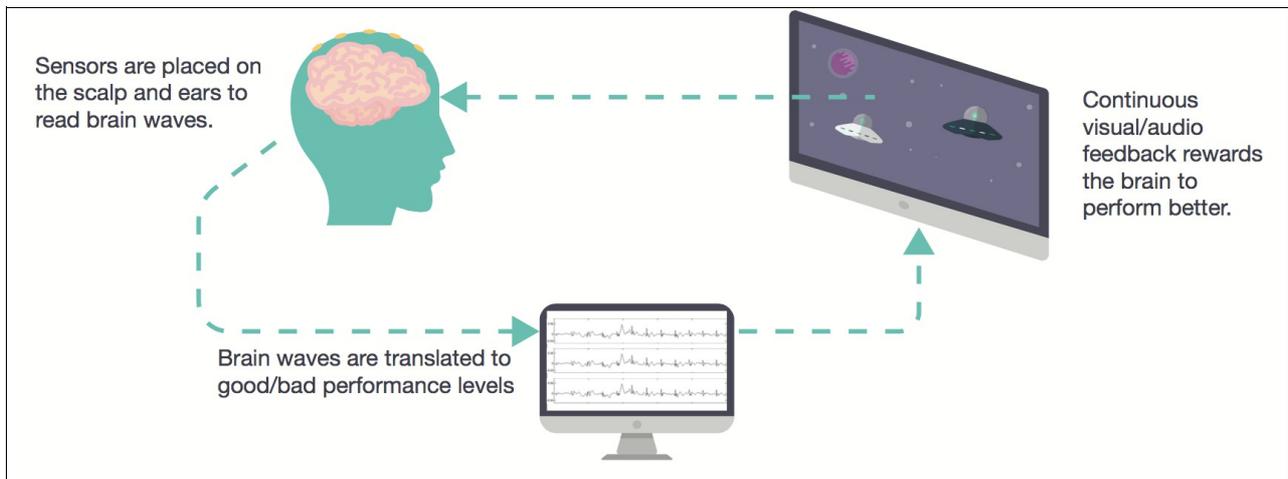


Illustration 2: Principe général du NFB

Tout au long de la séance, le sujet est également accompagné et guidé par le professionnel qui lui renvoi des indications, l'encourage, le renforce et lui propose des stratégies à essayer.

De cette manière, grâce aux feedbacks et aux renforcements, et, par la répétition et l'entraînement, le sujet va progressivement apprendre à réguler ses comportements et ses cognitions. *Dans notre exemple, l'objectif est l'amélioration du contrôle moteur : permettre au sujet de savoir être prêt sur le plan attentionnel tout en étant calme sur le plan moteur (pouvoir adopter une posture d'attention dirigée avec une tranquillité motrice).*

Du fait de la plasticité du cerveau, cet apprentissage va avoir des conséquences au niveau cérébral telles que, la modification de voies neuronales, la création de nouvelles connexions entre neurones, etc. Ces modifications physiologiques, au même titre qu'un autre apprentissage (comme un instrument de musique, une nouvelle langue,...) peuvent persister dans le temps de façon durable.

Ainsi, le NFB consiste à « améliorer certains symptômes ou signes cliniques en apprenant au patient à moduler des paramètres neurophysiologiques reliés à ces symptômes ou signes » (Micoulaud-Franchi, 2015).

Les applications de cette pratique sont diverses. En effet, le NFB peut être utilisé pour différents troubles tels que le TDAH, les troubles anxieux, les troubles dépressifs, les troubles du spectre de l'autisme, etc. (Arns & al., 2014). Néanmoins les niveaux d'efficacité ne sont pas les mêmes pour toutes les pathologies.

D'autre part, c'est une technique qui peut également s'utiliser en dehors du domaine de la santé (Enriquez, 2019), pour l'amélioration des performances sportives notamment (Hammond, 2007).

3. Fondements théoriques :

Pour de nombreux auteurs, le NFB s'inscrit dans la dynamique des techniques comportementales (Arns & al., 2014). En outre, c'est une pratique qui s'appuie sur les principes issus des théories de l'apprentissage. Le concept de conditionnement opérant développé par Skinner, ainsi que les notions de renforcement et de punition ont une place importante dans les protocoles de NFB.

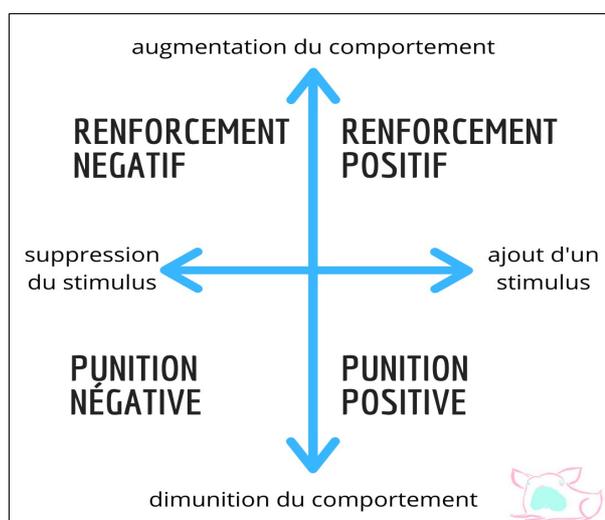


Illustration 3: Renforcement et punition

En effet, comme expliqué précédemment, lors d'une séance on fixe des valeurs seuil à atteindre ou ne pas dépasser en lien avec les objectifs visés. Lorsque la personne se trouve dans les valeurs cibles, elle reçoit un renforcement positif (incite le comportement à se reproduire en ajoutant quelque chose de plaisant) : animation vidéo, musique, gain de points au jeu etc. En revanche, lorsque la personne sort de la zone de travail, elle reçoit une punition négative (incite le comportement à ne plus se reproduire en retirant quelque chose de plaisant) : retrait de la vidéo, de la musique, etc. Par ailleurs, en parallèle du logiciel, l'intervention du thérapeute apporte un feedback supplémentaire au patient. Ce dernier reçoit alors des renforcements de la part de la machine ainsi que du professionnel.

D'autre part, le NFB est une application du biofeedback à la mesure cérébrale. En ce sens, c'est une technique qui vise l'apprentissage de l'auto-régulation de fonctions physiologiques jusqu'alors inconscientes. De par le retour d'informations, le patient va prendre conscience qu'il lui est possible d'avoir une action sur son organisme. Au départ, il

atteint les valeurs cibles de façon sporadique et par hasard, puis il essaie des stratégies et voit si cela fonctionne ou pas. Grâce aux feedbacks, il va pouvoir faire le lien entre son état cognitif et son activité cérébrale. Progressivement, il va développer sa capacité à identifier que tel état cognitif, tel comportement, telle stratégie va lui permettre d'être dans tel état (concentration, relaxation, etc.). Il va ainsi faire des associations entre états mentaux et activités cérébrales précises. De cette manière, il va apprendre à générer des états mentaux souhaités et pouvoir observer un contrôle conscient et volontaire sur son activité. (Il peut par exemple apprendre ce qui lui permet d'être en état de concentration.)

Par ailleurs, l'utilisation du NFB vise à engager le cerveau dans un processus de plasticité cérébrale (Lemaire, 2021). Cette neuroplasticité constitue la capacité du cerveau à se modifier, à remodeler les connexions entre les neurones et à en former de nouvelles, en fonction de l'environnement et des expériences vécues (Vidal, 2012). C'est une capacité d'adaptation qui permet à l'individu d'effectuer des apprentissages tout au long de sa vie. Les modifications physiologiques souhaitées, au même titre qu'un autre apprentissage, nécessitent de l'entraînement et de la répétition. C'est pourquoi, les protocoles de NFB privilégient une pratique intense avec des séances rapprochées dans le temps. Aussi, un programme entier est souvent composé de plusieurs protocoles : le premier consistant à amorcer la normalisation de l'activité cérébrale, les autres visant à stabiliser, généraliser et consolider les acquis. Une phase de suivi six mois à un an après le programme est également recommandée afin de contrôler les effets dans le temps et pérenniser les progrès.

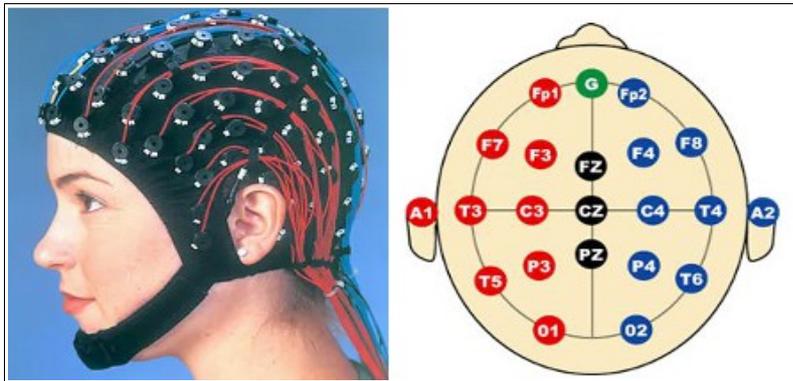
2. Mesure de l'activité cérébrale

1. EEG et équipement

L'électroencéphalographie est une technique de neuro-imagerie non invasive. Elle permet de fournir des informations sur l'activité bioélectrique du cerveau en temps réel.

Des électrodes placées à la surface du crâne enregistrent l'activité des neurones corticaux. Selon la méthode utilisée, elles se présentent soit, sous la forme d'un bonnet comprenant plusieurs électrodes. Différents systèmes existent, le plus courant étant le système 10-20 (qui permet une répartition uniforme des électrodes sur la tête) (*Illustration 4*). Soit, les mesures peuvent être prises à l'aide d'un ou de deux canaux/électrodes

placés à des endroits spécifiques en fonction des difficultés du patient sur lesquelles on souhaite agir.



Les lettres font références aux lobes (F: Frontal ; P: Pariétal ; T: Temporal ; C: Central ; O : Occipital ; et les A correspondent aux oreilles). Lorsque l'électrode se trouve sur la gauche les numéros sont impairs, et lorsqu'elle est sur la droite ils sont pairs. La lettre Z correspond à la ligne centrale.

Illustration 4: Casque EEG & Système de placement 10/20

Le signal recueilli est de faible amplitude (quelques microvolts à quelques dizaines de microvolts), il doit être amplifié et transformé en une mesure lisible à l'ordinateur. Il passe ainsi par un amplificateur puis par un encodeur avant d'être transmis à l'ordinateur. Ce dernier permet de lire et manipuler le signal EEG, ainsi que d'apporter le feedback au sujet.

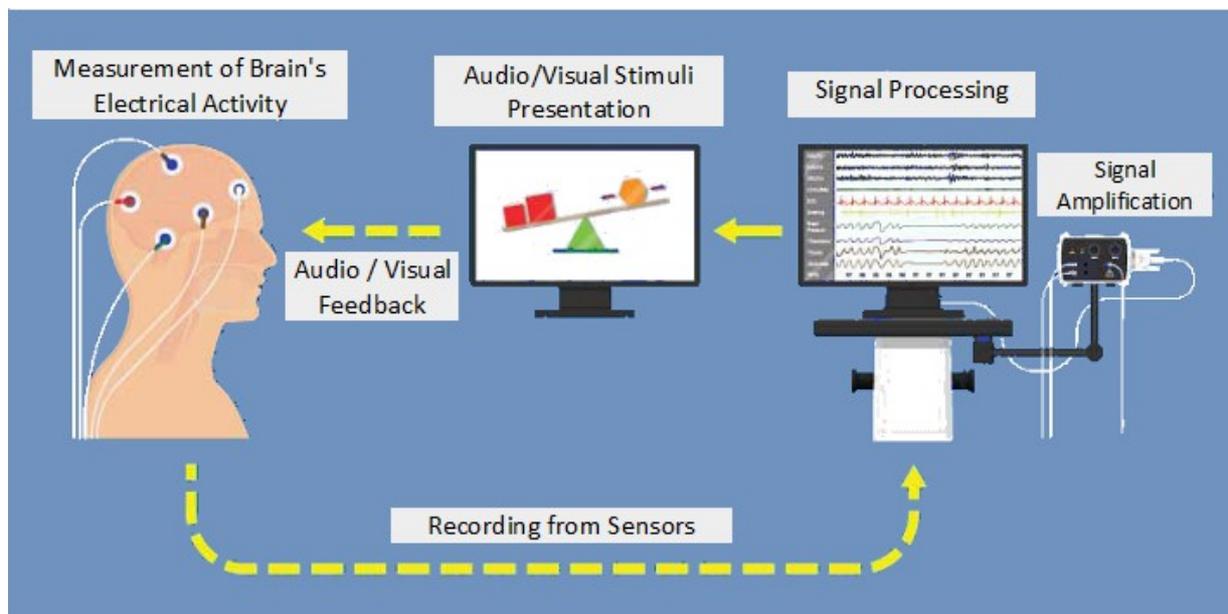


Illustration 5: Principe du NFB

La technique d'EEG dispose d'une bonne résolution temporelle, elle permet ainsi de fournir une mesure de l'activité cérébrale avec une rapidité proche du temps réel (de l'ordre de la centaine de milliseconde). En revanche, la résolution spatiale est plutôt faible,

on ne peut pas établir de lien précis entre l'activité mesurée et une région cérébrale bien définie.

2. *Activité mesurée*

L'EEG enregistre l'activité de neurones pyramidaux situés dans la cinquième couche du cortex (*Illustration 6*). Chaque électrode mesure environ 6 cm³ de cortex ce qui équivaut à 100 millions de neurones. La mesure nécessite une activation synchrone d'une multitude de ces neurones pyramidaux, tous orientés de la même façon (*Illustration 6*). Leurs corps cellulaires sont disposés en parallèles et leurs dendrites sont perpendiculaires à la surface corticale. Le signal EEG provient de la sommation des potentiels post-synaptiques inhibiteurs et excitateurs qui arrivent sur ces dendrites (Micoulaud-Franchi & al., 2013).

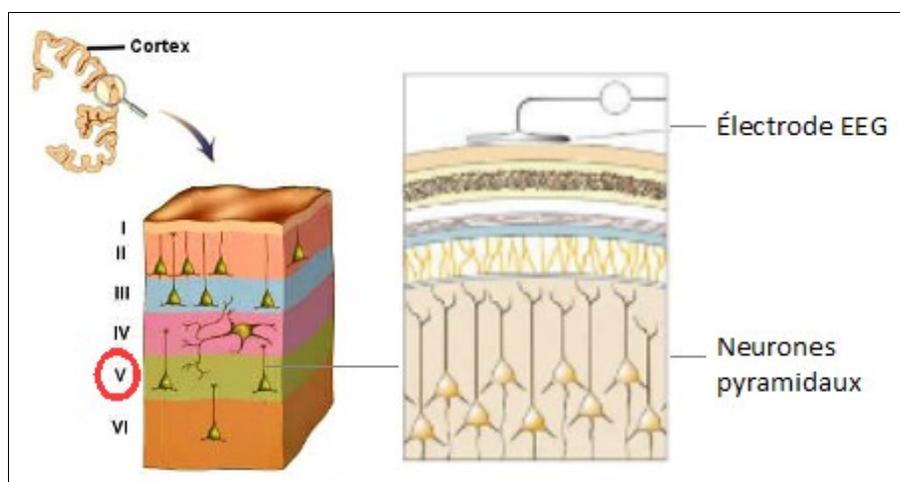


Illustration 6: Neurones pyramidaux situés dans la 5e couche du cortex

La fréquence d'EEG correspond à la vitesse à laquelle les neurones s'activent ; l'amplitude d'EEG représente le degré de synchronisation des activations à une fréquence donnée (Institut Neursosens).

3. *Ondes cérébrales / Rythmes cérébraux*

L'EEG permet d'obtenir des informations sur l'activité cérébrale rythmique du sujet. Les rythmes cérébraux sont classés selon leurs fréquences. Ces bandes de fréquences, mesurées en Hertz (nombre de cycles par seconde), sont communément appelées les ondes delta, thêta, alpha, bêta et gamma (par ordre de fréquences) (*Tableau 1*).

Par ailleurs, les ondes cérébrales correspondent à différents niveaux d'activation cognitive : plus la fréquence augmente, plus l'activité cérébrale est importante. Ces ondes

peuvent ainsi être associées avec des états comportementaux (Micoulaud-Franchi & al., 2011) (*Tableau 1*).

Rythme	Bande de fréquence (Hz)	États comportementaux	Représentation de l'onde
Delta	0,5 – 4	Sommeil lent, profond	
Thêta	4 – 8	Somnolence, entre la veille et le sommeil (sommeil paradoxal, états hypnagogiques, méditation)	
Alpha	8 – 12	Veille calme, état de relaxation (passivité)	
SMR	12 – 15	Tranquillité motrice, attention dirigée + contrôle moteur	
Bons bêtas	13 – 18	Veille active, réalisation d'une tâche cognitive	
Hauts bêtas	18 – 30	Activation cérébrale importante, hyperactivité cognitive	
Gamma	> 30	Hypervigilance, excitation cognitive	

Tableau 1: Les ondes cérébrales

Chaque personne présente en permanence chacune de ces bandes de fréquences, réparties, de manière plus ou moins importante, dans différentes régions de son cerveau. (Hammond, 2007). Dans certaines pathologies, elles peuvent être présentes de façon anormale, en excès ou carencées, selon les zones cérébrales (Lemaire, 2021).

4. Signal obtenu

La mesure effectuée par l'EEG fournit une représentation de l'activité cérébrale du sujet qui peut se modéliser de deux manières différentes :

D'une part, le signal recueilli peut se présenter sous la forme de courbes EEG (une courbe pour chaque site enregistré) (*Illustration 7*). Les courbes présentent des successions d'ondes brèves qui renseignent la fréquence (en Hertz) et l'amplitude (en microvolt).

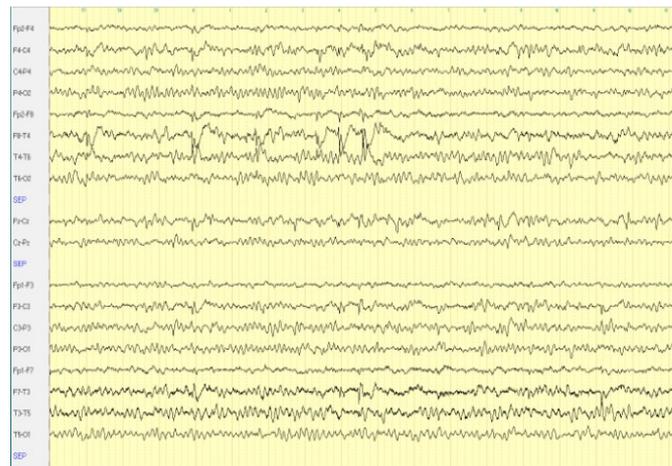


Illustration 7: Courbes EEG

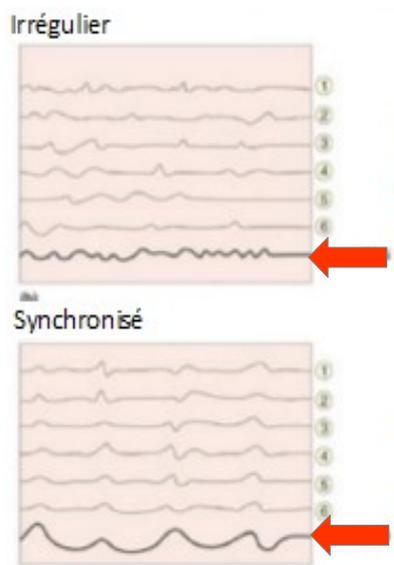


Illustration 8: Synchronie des neurones

Lorsque le taux de synchronie entre les neurones enregistrés est faible, on obtient un signal EEG irrégulier : il est petit et rapide.

Si le degré de synchronie est élevé, l'EEG est régulier, le signal est ample et lent.

D'autre part, on peut depuis plus récemment obtenir les résultats sous forme de cartographie par fréquence (*Illustration 9*). Cette dernière permet d'avoir une représentation topographique des différents types d'ondes présentes chez un sujet au niveau de son cortex. Chaque tête (vue de dessus) représente l'une des fréquences étudiées. Les couleurs permettent d'identifier la présence d'éventuelles carences ou excès d'ondes en comparaison avec une base de données normatives (ex. *NeuroGuide*). Cette comparaison fonctionne sur le même principe que les Déviations standard ou Écarts types et permet de situer la personne par rapport à une «norme». La couleur verte représente la moyenne, le bleu indique une carence, et le rouge un excès. Plus les couleurs tendent vers le foncé, plus on s'éloigne de la norme.

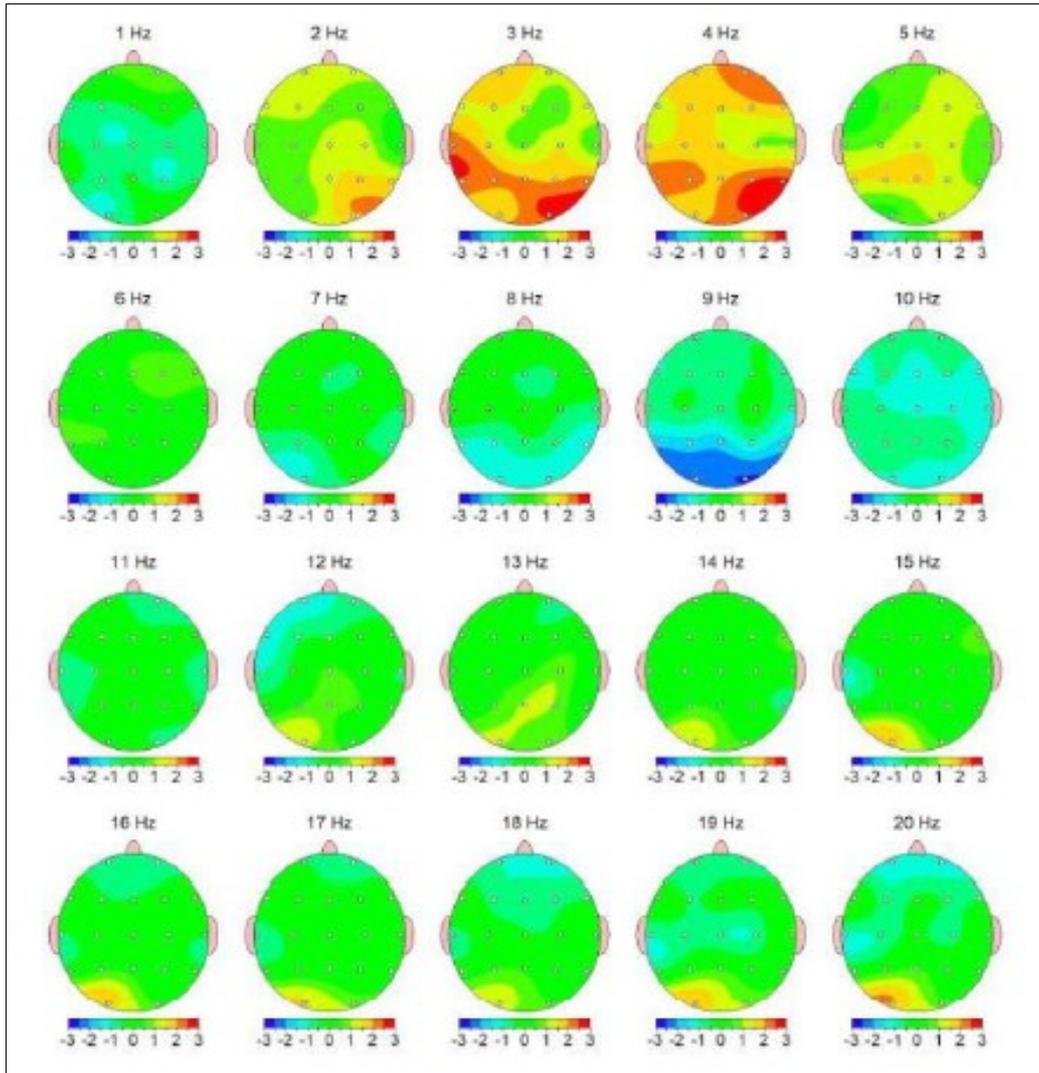


Illustration 9: Exemple de représentation cartographique – EEG quantitatif

On peut ainsi identifier les carences ou excès de certaines ondes en fonction des zones cérébrales. Les protocoles de NFB vont cibler ces «anomalies» (qui sont associées à des symptômes) sur des zones spécifiques du cerveau. Toutefois, il est important de prendre les informations concernant la localisation avec précaution car la technique de l'EEG dispose d'une résolution spatiale plutôt faible. De plus, l'approche purement localisationniste (une zone cérébrale régit une fonction cognitive précise) a été vivement critiquée. Il est aujourd'hui considéré que certaines zones peuvent être spécialisées mais que le cerveau fonctionne surtout sous forme de réseaux neuronaux qui interagissent entre eux.

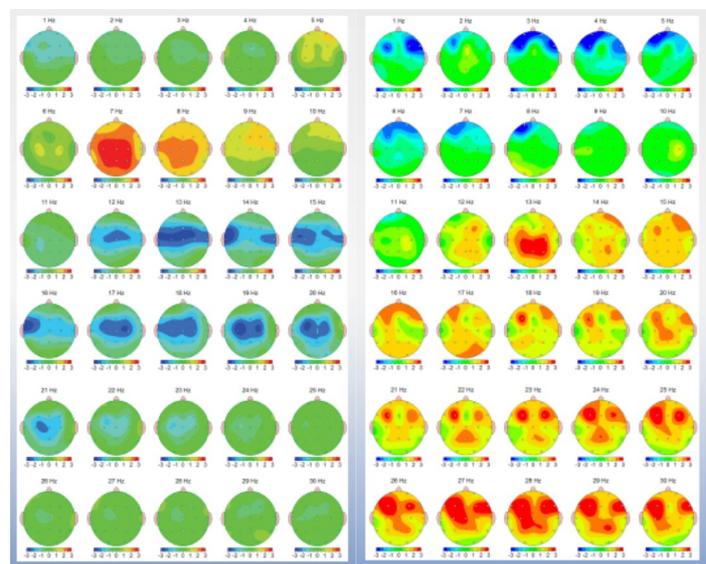
II. Le NFB appliqué au TDAH

1. Différents profils EEG du TDAH

Des études montrent que les personnes avec un TDAH présentent des particularités dans la répartition des rythmes cérébraux. (Johnstone & al., 2005 ; Loo & al., 2018). Ces particularités (ou « anomalies ») correspondent à la présence de carences ou d'excès d'une bande de fréquence dans certaines régions du cerveau, en comparaison avec des sujets normo-typiques. On les retrouve, en grande partie, au niveau du lobe frontal qui est notamment impliqué dans les processus attentionnels, les mécanismes de régulation émotionnelle et de contrôle moteur (Johnstone & al., 2005).

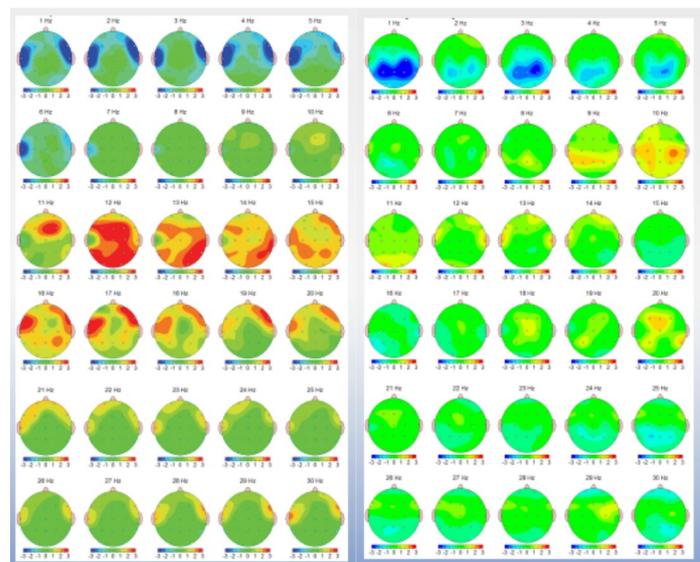
Les « anomalies » observées dans le TDAH permettent de dégager plusieurs sous-groupes et d'établir, de ce fait, différents profils neurophysiologiques du TDAH (Suffin & al., 1995 ; Chabot et al. 2005 ; Loo & al., 2018). Selon l'Institut Neurosens, les principaux profils qui ressortent sont :

- un excès de thêta (4-8 Hz) associé avec des carences en bêta (13-20Hz). On parle généralement du ratio thêta/bêta élevé ;
- un excès de bêta (13-30 Hz) (notamment des haut bêta) ;
- un excès d'alpha (8-12 Hz) ;
- une carence en delta (0,5-4 Hz)



Excès de thêta

Excès de Bêta



Excès d'alpha

Carence en delta

Illustration 10: Exemples de cartographies illustrant les différents profils EEG du TDAH

Les profils les plus fréquents dans le TDAH impliquent les excès des rythmes lents thêta ou alpha (Chabot & al., 2005). En outre, le DSM5 mentionne la présence d'une augmentation des ondes lentes à l'EEG des enfants avec TDAH en comparaison avec leurs pairs. Tye & al. (2014) montrent une augmentation des ondes thêtas (4-8Hz) au repos chez les enfants avec un TDAH dans les régions frontales et centrales. Cette augmentation serait toujours présente à l'adolescence de même qu'à l'âge adulte.

Comme énoncé précédemment, les ondes cérébrales sont le reflet de l'activité cognitive et peuvent être associées avec des états comportementaux (*Tableau 1*). Ainsi, les différents profils neurophysiologiques du TDAH peuvent être corrélés avec les expressions symptomatologiques diverses de ce trouble : (Loo & al., 2018 ; Institut Neurosens)

- Le profil comportant un ratio thêta/bêta élevé renvoie à la présentation du TDAH mixte, à savoir des symptômes d'inattention et d'hyperactivité/impulsivité. Lors d'une tâche cognitive, la présence anormalement élevée des ondes thêta peut être reliée à une hypoactivité du cortex frontal qui se traduit sur le plan comportemental par un désengagement de la personne dans l'activité, son cerveau est « moins actif », et on observe des « décrochages » (Tye & al., 2014). D'autre part, on retrouve souvent chez ces profils, une amplitude plus faible des ondes bêta (12-30Hz), ondes qui reflètent un engagement actif du cerveau (Barry & al., 2003 ; Tye & al., 2014).
- Le profil avec excès d'alpha, quant à lui, se traduirait par une inattention prédominante. Il correspondrait aux personnes décrites comme passives, rêveuses, « dans la lune ». Ce profil comporte également des difficultés de gestion du temps. De plus, il existe un risque plus important de comorbidité avec les troubles des apprentissages ainsi qu'avec des symptômes dépressifs (manque de motivation).
- Le profil avec excès d'ondes bêta en région frontale représente une minorité des TDAH (moins de 10%) (Chabot & al., 2005 ; Tye & al., 2014). Il est corrélé avec des symptômes d'hyperactivité et d'impulsivité motrice et cognitive, ainsi qu'un déficit en attention sélective. Les personnes sont très distractibles, elles ont beaucoup de pensées en même temps et peuvent avoir du mal à organiser leurs idées. On

retrouve également la présence d'une hypersensibilité. Ces profils sont souvent comorbides avec des troubles anxieux (hyperactivité cognitive, envahissement des pensées, ruminations...).

- Enfin, le profil comportant des carences en delta est également rare. Ces anomalies se manifestent principalement par de l'impulsivité et de l'hyperactivité. D'autre part, sont également associées des difficultés de sommeil (bande de fréquence delta impliquée dans le sommeil profond) ainsi qu'un manque de vigilance (majoré par la fatigue engendrée par les difficultés de sommeil).

Globalement, ces différents profils rejoignent la variabilité des présentations comportementales retrouvée dans le TDAH (comportements externalisés ou internalisés) (Loo et al., 2018).

Ainsi, l'établissement d'un profil neurophysiologique permet d'amener des informations supplémentaires pour mieux comprendre le fonctionnement des patients et ajuster l'intervention. Néanmoins, il est nécessaire de prendre en compte le caractère individuel du patient. Chaque personne est différente et possède ses propres caractéristiques.

2. Application pratique du NFB au TDAH :

Il existe plusieurs approches pratiques du NFB pour le TDAH. Dans ce mémoire nous étudierons les deux principales appliquées en France :

- 1- l'approche basée sur les protocoles standards de la littérature
- 2- l'approche basée sur l' EEG quantitatif

1. Approche basée la littérature scientifique

Cette approche consiste à rassembler toutes les informations disponibles sur le patient : les données cliniques et paracliniques recueillis lors des différents bilans médicaux et paramédicaux réalisés ainsi que les résultats aux questionnaires. A l'aide de ces informations on essaye d'établir un profil précis du sujet : *Présente t-il un TDAH mixte, avec inattention prédominante ou avec hyperactivité/impulsivité, existe t-il des*

comorbidités, si oui lesquelles, quel est son niveau intellectuel, etc. Puis, dans un second temps, en s'appuyant sur la description des protocoles présents dans la littérature, on en choisit un qui correspond aux critères définis dans le profil.

Les protocoles standards pour le TDA/H :

On retrouve deux types de protocoles NFB dans la littérature (Heinrich & al., 2007 ; Gevensleben & al., 2009 ; Micoulaud-Franchi & al., 2011 ; Meisel & al., 2014) :

- le NFB appliqué aux rythmes EEG (basé sur les bandes de fréquences détaillées précédemment),
- et le NFB appliqué aux SCP (Slow Cortical Potentials)

Dans ce mémoire, j'ai choisi d'aborder brièvement les SCP, et de concentrer mon propos principalement sur le NFB appliqués aux rythmes EEG.

Les SCP sont des potentiels évoqués lents. Ils correspondent à la moyenne des activités EEG précédant un événement. En effet, certaines tâches que nous effectuons nécessitent une préparation attentionnelle. L'anticipation de cet événement se traduit par une activité cérébrale, ces activations correspondent aux SCP. (Niedermeyer & Da Silva, 2005). Ainsi, certains protocoles de NFB ciblent l'autorégulation de ce phénomène.

Le NFB appliqués aux rythmes EEG, quant à lui, constitue la technique de NFB la plus ancienne. La première étude réalisée sur le sujet est un protocole à cas unique mené en 1976 par Lubar & Shouse. Il montrait une diminution significative de l'hyperactivité et de la distractibilité chez un enfant hyperkinétique après un protocole ciblant les SMR (Lubar & Shouse, 1976).

Depuis, beaucoup d'études ont suivi et des méta-analyses sur l'efficacité du NFB ont été conduites. On recense aujourd'hui deux principaux protocoles reconnus comme efficaces dans la littérature scientifique (Arns et al. 2009 ; Micoulaud Franchi 2014 ; Van Doren, 2018) :

- le Thêta/bêta ratio (TBR)
- et l'entraînement des Rythmes Sensori-Moteurs (SMR) – (12-15Hz)

L'objectif du protocole TBR est de faire diminuer le ratio entre les ondes thêta et bêta (Leins, 2007). Pour cela, le programme consiste à renforcer les ondes bêta (13-20 Hz, les bons bêtas) qui sont carencées, et à inhiber les ondes thêta (4-8Hz) qui sont présentes en excès. Ce protocole cible le plus souvent la zone du vertex (elle correspond à l'électrode Cz du placement en 10-20 (*Illustration 4*)) (Lubar et al., 1995), ou bien C3 et C4 simultanément (Kaiser et Othmer, 2000). Ces programmes sont généralement utilisés pour les TDAH de type mixte. Par ailleurs, il peut également être proposé pour ceux avec inattention prédominante, en positionnant l'électrode en C3 (Fuchs & al., 2003).

L'entraînement des Rythmes sensori-moteurs quant à lui, vise à renforcer les ondes SMR (12-15Hz) et inhiber les thêta (4-8Hz) en Cz principalement (Serman, 2000). Ce protocole a pour objectif de renforcer le contrôle moteur permettant ainsi au sujet d'améliorer sa capacité à être attentif. Il favorise la capacité à mobiliser ses ressources attentionnelles sur une tâche, tout en restant tranquille sur le plan moteur. Ce type de NFB est proposé en particulier pour les personnes présentant des symptômes d'hyperactivité et d'impulsivité (Monastra, 2005).

Un troisième protocole peut également être retrouvé, même s'il moins présent dans la littérature, c'est le renforcement des SMR (12-15Hz) avec l'inhibition des haut bêta (20-30Hz). Cette application du NFB cible les TDAH avec hyperactivité et impulsivité prédominante (Fuchs, 2003). Il peut également être utilisé de façon alterné avec le protocole 2 (renforcer SMR et inhiber thêta) pour les personnes avec un TDAH de type mixte (Monastra, 2005).

Une séance type :

En pratique une séance type se déroule comme suivant. Tout d'abord, il faut installer le matériel : On place les électrodes à la surface du crâne du sujet et à chaque oreille. Celui-ci est assis devant un ordinateur. Les électrodes sont reliées à un amplificateur ainsi qu'un encodeur, eux mêmes reliés à l'ordinateur.

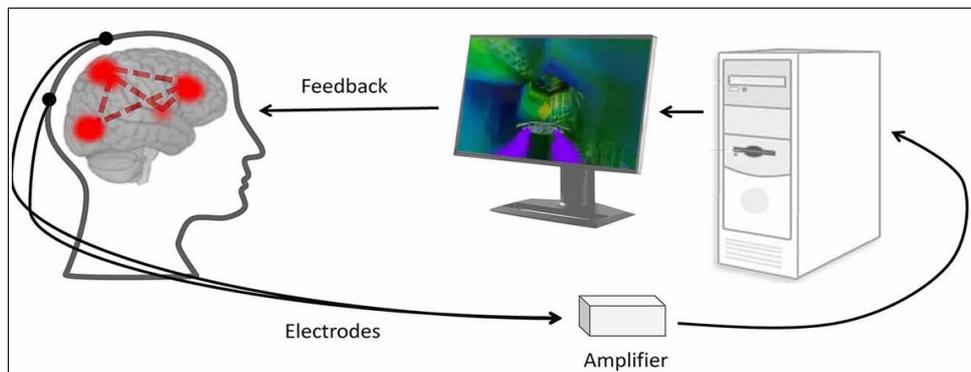


Illustration 11: Installation

Le professionnel, a choisi en amont le programme de NFB à appliquer en fonction des caractéristiques du patient. Il sélectionne donc le protocole retenu, qui est déjà implémenté dans le l'ordinateur. *Par exemple, le TBR.*

Une première phase de calibration est réalisée dans laquelle le logiciel récolte les informations concernant l'activité cérébrale du sujet à l'instant t (les valeurs de départ). Cette étape renseigne sur l'amplitude des ondes cibles (*ici les ondes thêta et bêta*), et permet ainsi de fixer les seuils de récompense de manière à ce que le sujet soit dans un contexte d'apprentissage et de valorisation. *Par exemple, le sujet reçoit la récompense quand l'amplitude des thêta est inférieure à 10 microvolt et quand l'amplitude des bêta est supérieure à 8 microvolts.* Il faut veiller à ce que le seuil ne soit ni trop élevé, ni trop faible, pour éviter de perdre la motivation du sujet. Puis, au cours de l'épreuve, la jauge de récompense s'ajuste au fil du temps en fonction des réussites du sujet. Ainsi, même si la personne est fatiguée, elle bénéficiera quand même de renforcements car la charge de travail demandée sera adaptée à son état. Cet aspect dépendant de l'état du sujet est très important dans les protocoles de NFB car il impacte grandement l'apprentissage.

On passe ensuite à l'entraînement, la phase d'apprentissage. On fait choisir au patient une animation, un jeu, ou encore une musique qui lui plaît. Il doit alors s'entraîner à atteindre l'état souhaité (ex. état de concentration) afin de faire fonctionner l'animation vidéo, la musique ou de gagner des points dans le jeu. La rétroaction fournit par l'ordinateur lui permet d'une part, de savoir si sa stratégie est efficace, et d'autre part d'être renforcé quand c'est le cas. En effet, lorsqu'il atteint les seuils souhaités, il est récompensé en gagnant des points au jeu par exemple. Et, lorsqu'il sort des zones de travail, le jeu est ralenti, il met plus de temps pour gagner les points, la vidéo s'arrête, coupe,...

Une séance dure environ une heure, en comprenant l'installation du matériel, et est divisée en plusieurs séquences d'entraînement d'environ 5min. Entre celles-ci, le sujet effectue des courtes pauses. En fin de programme, lorsque le patient a déjà fait plusieurs entraînements, les séances sont scindées en deux temps. Le premier est consacré à l'entraînement en NFB seul. Lors du deuxième, il est possible de proposer des tâches cognitives et des jeux en parallèle de l'animation sur ordinateur, pour permettre la généralisation de l'apprentissage. Il faut cependant veiller à sélectionner une activité qui ne fait pas trop intervenir de motricité, afin que le sujet ne présente pas d'artefact (contractions musculaires) ni ne perturbe l'installation du matériel. Cela peut être par exemple : un *ni oui ni non*, (pour travailler l'inhibition), un jeu de mémoire, de catégorisation, un *jetlag* (pour travailler entre autre, l'attention auditive, la mémoire de travail, l'inhibition), etc.

2. Approche basée sur l'EEG quantitatif

EEG quantitatif et mise en place du programme

Cette approche commence par une phase d'évaluation effectuée en amont du programme. Pour ce faire, on réalise un EEG quantitatif (EEG-Q). C'est une séance au cours de laquelle on pose au minimum 19 électrodes sur le cuir chevelu du patient. On mesure son activité cérébrale pendant cinq minutes lorsqu'il est au repos, les yeux ouverts puis les yeux fermés. Cet enregistrement va fournir une représentation cartographique de son fonctionnement cérébral au repos (*Illustration 9*). Il permet ainsi d'avoir un état des différentes bandes de fréquences réparties sur les sites enregistrés. Une fois l'EEG-Q effectué, les données sont transmises à une société qui détient des bases de données normatives (ex. *NeuroGuide*) auxquelles sont comparés les résultats du patient. En effet, dans cette approche, il est considéré qu'il existe une norme EEG selon les âges de la vie. NB : La présentation dans ce mémoire s'inspire du modèle d'entraînement utilisé par *l'Institut Neurosens*. (qui correspond à une façon de procéder parmi d'autres). Des experts traitent les informations et retournent les éléments sous la forme d'un rapport au thérapeute. Les informations obtenues permettent alors de repérer les carences ou excès d'ondes en fonction des zones du cerveau. On va ainsi pouvoir mieux comprendre le fonctionnement cérébral du patient. Ces données, combinées avec toutes les informations

issues des différents bilans réalisés, des plaintes du sujet, des observations cliniques, et de la recherche scientifique, permettent de mettre en place un programme d'entraînement en NFB adapté et spécifique au patient. Dans cette approche, le professionnel, avec l'appui du rapport EEG-Q, choisit les bandes de fréquence à inhiber ou renforcer, et les localisations de la ou des électrodes. Les protocoles sont ainsi paramétrés spécifiquement au sujet et peuvent être réajustés en cours de programme.

Le programme d'entraînement :

Un programme chez l'enfant comporte le plus souvent 2 à 3 protocoles. Les séances au sein d'un protocole sont rapprochées dans le temps, on en compte généralement 2 par semaine. Les évaluations intermédiaires ainsi que l'appréciation des progrès permettent de définir s'il y a besoin de séances supplémentaires ou non.

Plusieurs phases :

La phase de normalisation : elle correspond au premier protocole et a pour objectif d'amorcer la « normalisation » de l'activité cérébrale. C'est la phase la plus longue, elle comporte entre 15 à 18 séances. A l'issue de celles-ci, un nouvel EEG-Q est réalisé afin d'apprécier l'évolution du patient. Une mise à jour des nouveaux objectifs est ainsi effectuée et un second protocole est proposé.

La phase de généralisation : c'est le deuxième protocole. Au cours de celui-ci un temps d'entraînement NFB seul est réalisé en début de séance (pour continuer la normalisation). Puis, dans un second temps, le professionnel propose des tâches, des activités, des jeux afin de travailler sur les objectifs de rééducation de l'enfant (par exemple : des tâches attentionnelles, d'inhibition). Pendant la partie avec jeux, le logiciel fournit un feedback sous forme sonore au patient, afin que ce dernier puisse avoir un retour d'informations sur son activité cérébrale tout en réalisant la tâche. En faisant varier les jeux proposés, le thérapeute vise à généraliser les apprentissages à différentes situations et favorise ainsi les améliorations comportementales et la diminution des symptômes. Cette phase s'étale sur 12 à 15 séances avant d'enregistrer un nouvel EEG-Q.

La phase de stabilisation : ce dernier protocole comporte 8 à 12 séances et n'est pas systématique. Il est réalisé dans l'optique de stabiliser l'apprentissage, tout en continuant la généralisation aux activités de la vie quotidienne.

Après l'arrêt des protocoles, une évaluation comportant un EEG-Q, des tests attentionnels, un bilan psychomoteur etc. est effectuée afin d'observer l'évolution du patient et réévaluer son projet thérapeutique.

Un protocole de suivi peut également être demandé dans les années qui suivent si le besoin se présente.

Une séance type :

De la même façon que pour la précédente approche, la séance débute par l'installation du matériel. Généralement les protocoles nécessitent la pose de une à deux électrodes maximum aux endroits ciblés (et spécifiques au patient), ainsi qu'une électrode à chaque oreille (*Illustration 12*).

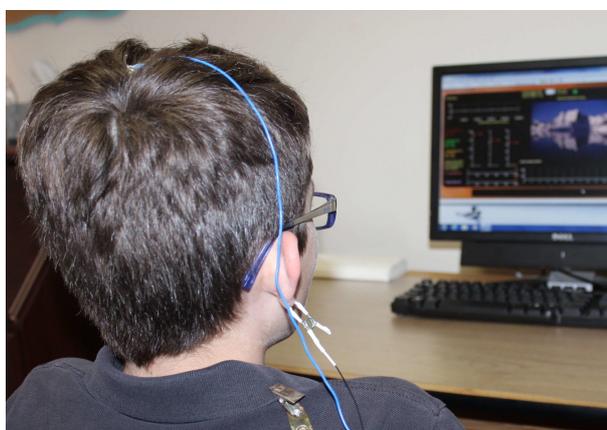


Illustration 12: Électrodes

Un calibrage minutieux du logiciel est réalisé par le professionnel lui même : choix des fréquences à inhiber et renforcer, les seuils de récompenses etc. Ici aussi l'entraînement est dépendant de l'état du patient pour qu'il bénéficie d'un apprentissage en fonction de sa disponibilité cognitive du moment. Le professionnel peut changer les seuils de récompense au cours de la séance si ceux-ci ne sont pas adaptés.

La séance dure environ une heure, au cours de laquelle minimum 21 minutes de travail effectif doivent être comptabilisées. Les 21 minutes sont divisées en séquences d'environ 5 min. Comme précédemment, le patient choisit la vidéo et la musique qui lui plaît. S'il en est au deuxième protocole, la première partie de la séance est composée d'un entraînement seul avec vidéo et musique, et dans la seconde partie, une activité est proposée au sujet qui reçoit le feedback par voie auditive seulement. Le tout accompagné des encouragements du thérapeute qui participe activement à l'entraînement du patient.

3. *Avantages / inconvénients des 2 approches*

1. Approche basée sur la littérature

Avantages : Elle demande moins de maîtrise théorique et pratique : sur le signal EEG, sur le paramétrage du logiciel, etc. Le calibrage des seuils est automatisé et varie dynamiquement selon l'état du patient et sa capacité de travail.

Inconvénients : C'est une technique onéreuse car elle nécessite un matériel haut de gamme. En grande partie car les protocoles issus de la littérature scientifique sont déjà implantés dans le logiciel. D'autre part, les protocoles standards ne sont pas spécifiques à chaque patients et sont choisis sur la base de critères cliniques et paracliniques uniquement. De plus, les auteurs des études recherchent uniquement des participants avec un TDAH seul. Ils excluent de fait tous les sujets qui comportent des comorbidités. Or, dans la vie réelle, il est très rare de rencontrer un patient avec un TDAH isolé, en effet ils présentent fréquemment des comorbidités (DSM-5).

2. Approche basée sur l'EEG-Q

Avantages : Les protocoles sont personnalisés au patient, à son profil EEG-Q. Le thérapeute va directement cibler ses difficultés aux endroits souhaités et règle lui-même les paramètres, il peut donc ajuster les critères de travail au plus près des besoins du patient sur le moment.

Inconvénients : Le thérapeute n'est pas autonome dans l'interprétation. Celle-ci passe par une société qui dispose de bases de données normatives nécessaires à la comparaison et à l'interprétation des résultats. De surcroît, cette approche nécessite davantage de technicité et de compétences de la part du professionnel qui effectue lui-même les calibrages du logiciel. Ces compétences sont acquises au cours de formations qui sont onéreuses. En outre, le fait même de considérer qu'il existe une «norme» d'EEG-Q peut être critiqué.

III. Efficacité du NFB pour le TDAH :

1. Effet du NFB sur les symptômes du TDAH

Jusqu'à ce jour, plusieurs méta-analyses ont cherché à évaluer l'efficacité du NFB dans la diminution des symptômes du TDAH.

La première méta-analyse réalisée par **Arns & al. en 2009** est celle qui rapporte les effets positifs du NFB les plus importants. En effet, les auteurs concluent que l'utilisation du NFB pour le TDAH remplit les critères du Niveau 5 d'efficacité, à savoir *Efficace et Spécifique*, de la classification des interventions psychophysiologiques soutenue par l'AAPB (*Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback*) et l'SNR (*Society for Neuronal Regulation*) (Vaque & al., 2002 ; Moss & Gunkelman, 2002). Le Niveau 5 correspond au niveau de preuve d'efficacité le plus élevé, indiquant ainsi que « le traitement étudié s'est avéré statistiquement supérieur au traitement placebo, au traitement médicamenteux ou à une condition témoin dans au moins deux contextes de recherche indépendants. » (Vaque & al., 2002).

Toutefois, des méta-analyses plus récentes présentent des résultats plus modérés qui ne permettent pas d'associer avec autant de certitudes le niveau 5 d'efficacité à la pratique du NFB pour le TDAH (Goode & al., 2018; Micoulaud-Franchi & al., 2014; Sonuga-Barke & al., 2013).

Les résultats de la méta-analyse de Arns & al. (2009) indiquent des effets bénéfiques importants du NFB sur les symptômes d'inattention et d'impulsivité, et plus modérés sur les symptômes d'hyperactivité. Ces résultats sont retrouvés pour les études prospectives contrôlées ainsi que pour les pré-/post-test. La symptomatologie pour l'inattention et l'hyperactivité a été mesurée à l'aide d'échelles comportementales (de type *Conners*) remplies par les parents. Pour ce qui est de l'impulsivité, l'évaluation a été conduite à l'aide de tests (telles que des tâches de Go-NoGo). Concernant les protocoles de NFB utilisés, on retrouve le renforcement des SMR, le TBR et l'entraînement des SCP.

En **2013**, **Sonuga-Barke & al.**, réalisent une méta-analyse sur le même sujet, incluant uniquement des études randomisées contrôlées. Dans cette recherche les auteurs ont différencié le mode d'évaluation des symptômes. Ainsi, ils ont séparé les évaluations faites par un évaluateur proche du sujet, le plus souvent ses parents, ces données constituent le groupe «mesures probablement non aveugles » (PNA); et les évaluations faites par des

personnes moins proches, comme les enseignants, constituent le groupe « mesures probablement aveugles » (PA). Dans cette méta-analyse les effets du NFB sont mesurés sur l'entière des symptômes du TDAH, les auteurs ne font pas de distinction entre inattention, hyperactivité et impulsivité.

Dans le cas des mesures PNA, les résultats indiquent un effet significatif du NFB comparé au groupe contrôle, ce dernier est plutôt modéré. En revanche, pour les mesures PA, aucune différence n'est relevée par rapport au groupe contrôle.

Les résultats retrouvés dans cette dernière méta-analyse (Sonuga-Bark & al., 2013) et dans celle de Arns & al. (2009) rapportent toutes deux, des effets positifs de l'utilisation du NFB chez les enfants et adolescents avec TDAH. Ceci, dans le cas où l'évaluateur est proche de l'enfant (souvent ses parents), et avec néanmoins des intensités d'effet différentes (de modéré à important). En outre, il est intéressant de noter, que ces deux recherches n'incluent pas les mêmes études.

La méta-analyse de **Micoulaud Franchi & al., réalisée en 2014**, incluant cinq études contrôlées, obtient des résultats similaires. Le NFB a des effets positifs sur tous les symptômes du TDAH en comparaison avec le groupe contrôle et lorsque l'évaluateur est le parent de l'enfant. Les auteurs ont également étudié les effets du NFB sur les symptômes du TDAH de façon séparée. Ainsi, le NFB apparaît comme étant plus efficace sur les symptômes d'inattention que sur les symptômes d'hyperactivité-impulsivité. Par ailleurs, cette méta-analyse montre également des effets positifs du NFB sur les symptômes d'inattention lorsque les améliorations sont évaluées en condition PA (par les enseignants la plupart du temps).

Une méta-analyse réalisée en 2014 (**Hodgson & al., 2014**) présente des résultats qui semblent différer légèrement des précédents. On retrouve l'amélioration des symptômes d'inattention par le NFB, avec toutefois un effet faible à modéré. Aucun effet n'est relevé pour les symptômes d'impulsivité. Enfin, concernant l'hyperactivité, les résultats montrent un effet en faveur du groupe contrôle comparé au groupe NFB.

On remarque cependant des différences dans la méthodologie utilisée. En effet, Hodgson & al. (2014) ont utilisé uniquement des scores de post-test (ils ne comparent pas les

scores en fin de traitement avec les mesures de base réalisées avant intervention). De plus, la qualité peut être questionnée compte tenu du peu d'études incluses (par exemple 8 analyses ont été réalisées sur une seule étude), toutes non randomisées. D'autre part, les modalités d'évaluation ne séparent pas les évaluateurs PA des PNA.

En **2016, Cortese & al.** réalisent une autre méta-analyse portant sur l'efficacité du NFB pour le TDAH. De la même façon que les précédentes études, les auteurs séparent les effets du NFB selon les types de symptômes (inattention, hyperactivité-impulsivité et symptomatologie globale). Ils différencient également les modes d'évaluation (PA et PNA). Comme c'est le cas dans plusieurs méta-analyses, les principaux résultats indiquent que le NFB n'est pas efficace pour le TDAH dans la conditions PA. Concernant la modalité PNA, les résultats ne sont pas significatifs (*P value* non significatif), ils ne peuvent donc pas être utilisés.

Une récente recherche réalisée en **2021 par Riesco Matias & al.** reprend les résultats des études mentionnées précédemment et réalise une nouvelle méta-analyse incluant 17 études randomisées contrôlées. Les résultats sont classés selon les symptômes du TDAH (inattention ou hyperactivité-impulsivité), selon le mode d'évaluation (PA ou PNA), et selon la méthodologie de calcul des données (pré-/post-test ou post-test uniquement).

Ainsi, pour les symptômes d'inattention, et lorsque les analyses sont réalisées en fonction des différences pré-/post-test, les résultats indiquent un effet significatif du NFB en comparaison avec le groupe contrôle. Ceci tant pour une évaluation PA que PNA. Dans le dernier cas (symptômes évalués par un proche), on retrouve une légère hétérogénéité dans les résultats, principalement causée par les données d'une seule étude (Minder & al., 2018). Lorsque les calculs sont effectués sur les mêmes études mais uniquement en post-test, on retrouve les mêmes résultats pour la condition PNA (mais sans hétérogénéité). Dans la condition PA en revanche, les données obtenues sont non significatives.

Concernant les symptômes d'hyperactivité et d'impulsivité, les résultats obtenus avec les mesures pré-/post-test ainsi qu'en post-test, suggèrent que le NFB est significativement efficace lorsque l'évaluation est non aveugle (PNA), ce qui n'est pas le cas pour la condition PA.

Pour résumer, on peut regrouper les résultats des méta-analyses mentionnées précédemment comme suivant :

- Pour les symptômes d'inattention, les résultats montrent un effet positif du NFB en comparaison avec des groupes contrôles et lorsque l'évaluation des symptômes est faite par un proche (le plus souvent un parent).
- Pour les symptômes d'hyperactivité-impulsivité, on retrouve les mêmes résultats, à l'exception d'une étude (Hodgson & al., 2014), et avec un effet toutefois plus faible sur les symptômes d'hyperactivité.
- Dans le cas où l'évaluation de la symptomatologie est réalisée de façon «probablement à l'aveugle» (par les enseignants majoritairement), les résultats concernant l'efficacité du NFB sur les symptômes du TDAH sont moins concluants. Seulement deux méta-analyses montrent des effets positifs du NFB sur les symptômes d'inattention (Micoulaud Franchi et al., 2014) et lorsque les résultats sont comparés entre pré-/post-test (Riesco-Matias et al., 2021).

Ces différences de résultats retrouvées entre les conditions PA et PNA, pourraient s'expliquer par plusieurs phénomènes. On pourrait d'une part, supposer que le fait d'avoir connaissance du protocole impacte l'évaluation réalisée. D'autre part, il est possible que les différences proviennent de l'échelle de mesure utilisée ou de la personne qui évalue. On pourrait notamment se questionner sur le fait que les enseignants soient moins sensibles aux changements des enfants que leurs parents. Par ailleurs, il est également envisageable que les bénéfices du NFB soient effectifs dans les milieux proches de l'enfant mais ne se généralisent pas si bien aux milieux plus extérieurs, qui correspondent à une évaluation PA.

- De plus, on remarque aussi que plus la méta-analyse est récente moins l'effet de taille supportant l'efficacité du NFB est grand.

2. Comparaison de l'efficacité entre NFB et Traitement pharmacologique

Riesco-Matias & al. dans leur méta-analyse de 2021 se sont également intéressés à comparer l'efficacité entre l'utilisation du NFB et un traitement par psychostimulant sur l'entière des symptômes du TDAH (sans distinction). Dans cette optique, ils incluent six

études à leur recherche, toutes réalisées entre 2013 et 2018 (Ogrim & Hestad, 2013 ; Meisel & al., 2014 ; Duric & al., 2017 ; Moreno-García & al., 2017 ; Geladé & al., 2018 ; Sudnawa & al., 2018). Ainsi, pour la modalité PNA et lorsque l'analyse est faite avec les mesures pré-/post-test, les résultats semblent être en faveur du traitement médicamenteux. Il est à noter que les auteurs retrouvent une hétérogénéité dans les résultats pour la condition PA, ainsi que lorsque les calculs sont réalisés avec les mesures post-test uniquement. Cette méta-analyse, étant la première abordant cette question, les auteurs recommandent la réalisation de plus amples études sur le sujet.

Cette méta-analyse inclue notamment les recherches de **Meisel & al.**, qui réalise une étude randomisée en 2014. Dans cette dernière, on remarque un effet similaire entre le traitement pharmacologique et l'utilisation du NFB (protocole TBR). Tous deux entraînent une amélioration significative des symptômes du TDAH après entraînement (rapportée par les parents et les enseignants). Et ceci également à 2 et à 6 mois après la prise en charge. De plus, seul les enfants du groupe avec NFB obtiennent une augmentation de leurs performances académiques.

Moins récemment, **Monastra & al.**, ont conduit une étude en 2002 auprès de 100 enfants avec TDAH. Chacun recevait une intervention médicamenteuse sur une durée de un an. Cinquante pourcents des sujets, en plus de prendre le psychostimulant, participaient à un entraînement en NFB (protocole ciblant le TBR, sur environ 40 séances). Des échelles comportementales (remplies par les parents et enseignants) ainsi que des tests d'attention standardisés sont réalisés après un an de traitement. Tous les participants montrent une amélioration avec une diminution des symptômes du TDAH. Puis, un retest est effectué après une période d'une semaine sans médicament. Seul les enfants ayant bénéficié de l'entraînement en NFB (en plus du psychostimulant) maintiennent leurs progrès.

Ces éléments mettent en avant que le traitement médicamenteux aide à diminuer les symptômes du TDAH mais que les bénéfices disparaissent avec l'arrêt du traitement. De plus, la réalisation d'un EEG-Q en pré- et post-test montre que la prise de Ritaline n'entraîne pas de changement durable dans le fonctionnement cérébral. En revanche, pour le groupe NFB les améliorations persistent dans le temps malgré l'arrêt du médicament, et on observe des modifications cérébrales à l'EEG-Q. Ceci laisse suggérer qu'un tel entraînement peut permettre l'amélioration du fonctionnement cérébral à plus ou moins long terme.

Il est à noter que cette étude n'apporte pas d'informations quant à l'utilisation seule du NFB. Les auteurs soutiennent alors une approche multimodale dans la prise en charge du TDAH.

D'autres études (non randomisées) montrent une efficacité comparable entre médication et NFB dans la réduction des symptômes du TDAH, avec un protocole TBR (Rossiter, 2004.) et un protocole de renforcement des SMR (12-15 Hz) et bons bêta (15-18 Hz) (Fuchs, 2003).

D'après ces informations, un entraînement en NFB apparaît comme étant moins efficace qu'un traitement par psychostimulant dans la diminution des symptômes du TDAH. En revanche, dans certains cas, un effet similaire entre les deux méthodes est rapporté. De plus, le NFB semble engendrer un impact au niveau cérébral qui n'est pas retrouvé avec la prise de médicament. Il pourrait ainsi favoriser la persistance des améliorations sur la durée. Il serait intéressant d'effectuer d'avantage d'études, et notamment des méta-analyses, sur le sujet afin d'avoir plus de recul sur la comparaison entre psychostimulant et NFB.

3. Effet à long terme du NFB sur le TDAH

Une méta-analyse de **Van doren & al., réalisée en 2018** s'intéresse aux effets à long terme du NFB sur les symptômes du TDAH. Elle rassemble 10 études contrôlées randomisées ayant été conduites sur 2 à 12 mois. Dans ces recherches, l'évaluation des symptômes est faite par les parents et l'effet du NFB est comparé à des groupes contrôles actifs (intervention médicamenteuse principalement) et non actifs (personnes sur listes d'attente pour suivre un protocole de NFB par exemple). L'impact de l'intervention est mesuré directement après l'administration du protocole (en post-test) puis lors d'un retest en « follow up » (FU) entre 2 à 12 mois après l'intervention.

Les résultats semblent indiquer un effet modéré du NFB sur les symptômes d'inattention après l'intervention. Cet effet augmente et est élevé lors du retest FU. Concernant l'hyperactivité-impulsivité, les auteurs rapportent un effet modéré du NFB en post-test et en FU.

D'autre part, des mesures comparatives entre les groupes sont également réalisées.

Il en ressort que le NFB semble avoir un effet significativement supérieur pour au moins 6 mois après intervention en comparaison avec les groupes contrôles non actifs. Cet effet est retrouvé de façon plus importante sur les symptômes d'inattention (effet faible en post-test puis modéré en FU) que sur ceux d'hyperactivité-impulsivité (effet faible en post-test et en FU).

On observe aussi que les bénéfices obtenus en FU dans le groupe NFB sont comparables à ceux obtenus chez les sujets du groupe contrôle actif (traitement par méthylphénidate principalement). Les résultats sont en faveur du groupe contrôle actif uniquement pour les symptômes d'inattention évalués directement en post-traitement.

Ainsi, les auteurs avancent que le NFB entraînerait des effets durables dans la diminution des symptômes du TDAH pendant environ 6 mois et potentiellement jusqu'à 1 an. Et que ces effets sont similaires à ceux obtenus par un groupe contrôle actif (incluant le traitement par méthylphénidate).

Ils concluent alors que le NFB peut être considéré comme une intervention non pharmacologique possible pour le TDAH, « avec la preuve que les effets sont durables à plus ou moins long terme une fois l'intervention terminée et arrêtée. » (Van Doren & al., 2018). Plus d'études sont néanmoins nécessaires pour apprécier la persistance des effets sur plus long terme.

Conclusion de la partie théorique :

Les études réalisées peuvent présenter quelques résultats hétérogènes. Mais globalement, il apparaît qu'un entraînement en NFB semble apporter des améliorations dans la symptomatologie du TDAH, en particulier sur les symptômes d'inattention et lorsque l'évaluateur est proche de l'enfant/adolescent. Néanmoins, les auteurs présentent plus de réserves quant à une efficacité supérieure du NFB comparé à un traitement médicamenteux. Le NFB reste toutefois prometteur car il semble avoir un impact direct sur le fonctionnement cérébral. D'autre part, plusieurs éléments suggèrent une potentielle efficacité sur le long terme. De plus amples études seraient intéressantes pour approfondir nos connaissances sur le sujet. Il est également important de souligner le rôle du

thérapeute dans la réussite du programme. Rôle que nous aborderons plus tard dans ce mémoire. On peut ainsi supposer qu'un programme de NFB conduit par un professionnel qualifié et compétent (avec une bonne compréhension de la problématique du sujet, une maîtrise certaine des renforcements et des principes d'apprentissage,...) entraînerait des résultats susceptibles de se maintenir sur le long terme.

Après avoir expliqué le fonctionnement du NFB et détaillé l'état actuel des connaissances scientifiques concernant l'utilisation du NFB dans le cadre du TDAH, nous allons maintenant illustrer nos propos par une étude de cas.

La partie suivante abordera donc la prise en charge psychomotrice avec NFB d'un jeune adolescent présentant, entre autres, un TDAH. Nous cherchons ainsi à étudier les intérêts de l'utilisation du NFB dans la rééducation psychomotrice du TDAH. L'approche pratique du NFB utilisée dans le cas de ce patient se base sur l'EEG-Q de façon à adapter l'intervention à ses besoins spécifiques. Nous faisons l'hypothèse que l'entraînement en NFB (dans un contexte de rééducation psychomotrice du TDAH) permet une amélioration de sa symptomatologie.

PARTIE PRATIQUE

I. Présentation du patient

1. Contexte

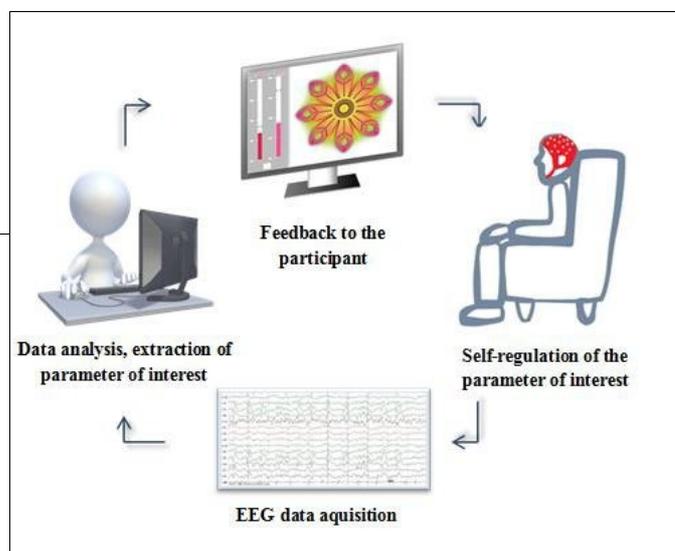


Illustration 13: Partie pratique

Le patient présenté en étude de cas est un jeune adolescent que nous prénommerons Sami. Sami a 12ans et 9mois au moment de l'évaluation psychomotrice. Il réalise un bilan d'évolution après 2ans d'arrêt de suivi en psychomotricité.

Le motif de consultation de ce bilan est de réévaluer les capacités attentionnelles, la dextérité manuelle et le graphisme.

3. Les bilans

1. Bilan psychologique – à 9ans et 11mois

Contexte : L'évaluation est réalisée dans le cadre d'une suspicion de troubles des apprentissages dans un contexte d'anxiété et de gestion émotionnelle difficile.

Lors du bilan, Sami se montre agréable, disponible, et adapté. Il s'engage facilement dans la relation duelle et le contact est de bonne qualité (mimiques et échanges visuels modulés et dirigés). Il s'implique dans les activités proposées et a envie de répondre aux attentes de l'examineur.

Résultats au WISC-V : QIT = 116 ; ICV = 127 ; IVS = 102 ; IRF = 100 ; IMT = 115 ; IVT = 119 ; (INV = 108 ; IAG = 115 ; ICC = 120)

Les résultats globaux de Sami se situent au niveau « moyen fort » avec un QI total à 116. Néanmoins, les scores indiquent un profil hétérogène allant de la moyenne à la zone supérieure en comparaison avec les attentes pour son âge. Il est à noter un décalage entre ses capacités cognitives non verbales et ses compétences en compréhension verbale qui sont nettement supérieures.

L'évaluation met également en évidence une labilité attentionnelle, des signes de fatigue qui augmentent avec l'avancement du bilan, de l'agitation motrice et des comportements impulsifs. En effet, Sami peut détourner son attention de la tâche. Plusieurs activités apparaissent coûteuses sur le plan attentionnel, de la fatigue et un phénomène de saturation cognitive s'observent. Aussi, il peut présenter de meilleurs résultats lorsque la tâche a davantage de sens et/ou mobilise une plus forte attention. De plus, Sami semble avoir besoin de faire du bruit, ou de bouger pour mobiliser son attention. Il a du mal à rester inactif. D'autre part, sa régulation émotionnelle apparaît instable, un manque de confiance en lui est repéré, ainsi que plusieurs symptômes d'anxiété, notables également dans sa posture (tensions, crispation générale, mains serrés, bras serrés contre le corps, épaules en dedans...).

L'hétérogénéité du profil pourrait expliquer la labilité émotionnelle de Sami, son développement émotionnel étant inférieur à son développement verbal. Aussi, l'entretien laisse entrevoir d'hypothétiques fragilités visuo-spatiales, et graphiques. La gêne au

niveau du graphisme pourrait en partie provenir du fait que le raisonnement verbal est supérieur à la vitesse de traitement, ainsi sa main ne pourrait écrire au rythme de ses pensées.

2. Bilans psychomoteurs

Tableaux présentant les résultats paracliniques des 2 bilans psychomoteurs :

	1er bilan psychomoteur - 10ans	2ème bilan psychomoteur - 12ans9m
Domaine moteur		
MABC2	Dextérité manuelle : NS = 7 → 16e RP <ul style="list-style-type: none"> Chevilles : NS = 6 Lacet : NS = 9 Trajet : NS = 11 Viser / Attraper : NS = 15 → 95e RP <ul style="list-style-type: none"> Attraper le sac : NS = 14 Lancer le sac : NS = 15 Équilibre : NS = 13 → 75e RP <ul style="list-style-type: none"> statique sur 1 jambe : NS = 13 talon-pointe : NS = 11 saut cloche pied : NS = 12 	Dextérité manuelle : NS = 8 → 25e RP <ul style="list-style-type: none"> Retourner les chevilles : NS = 4 Écrous et boulons : NS = 1 Trajet : NS = 13
Précision visuo-motrice Nepsy2 (PVM)		Temps : NE = 10 Erreurs : 3 soit 26-50e RP Lever de crayon : 1 soit 51-75e RP Score composite : 8 soit -0,7 DS
BHK	Vitesse : +1,1 DS (rapide pour l'âge) Qualité : +0,5 DS (dégradation)	Vitesse : -0,4 DS Qualité : +1,6 DS (dégradation)

Domaine visuo-spatial		
Figure de Rey	Copie <ul style="list-style-type: none"> score : 0 DS temps : 50-75e RP Type 4 : juxtaposition de détails Mémoire <ul style="list-style-type: none"> score : +0,1 DS temps : 25-50e RP (~rapide) 	Copie <ul style="list-style-type: none"> score : +0,1 DS temps : 50e RP Type 4 : juxtaposition de détails Mémoire <ul style="list-style-type: none"> score : -1,6 DS temps : 50e RP Type 5 : détails sur fond confus
Cubes Nepsy2	Score : +0,3 DS	

Attention et fonctions exécutives		
D2R - D2	Pourcentage d'erreurs : NS = 112 Rythme de traitement : NS = 96 Concentration : NS = 100 (norme à 100) /D2R	Vitesse de traitement (Gz) : -1,4 DS Score Erreur : -0,6 DS (qualité +0,6 DS) Rendement : -1,2 DS Attention soutenue (KL) : -0,9 DS /D2
Attention auditive Nepsy2	Attention auditive : <ul style="list-style-type: none"> • Score composite : +1 DS • 1 Commission en fin d'épreuve Réponses associées : <ul style="list-style-type: none"> • Score composite : -0,3DS • 4 Commissions : 26-50e RP • 3 Omissions : 51-75e RP • 3 Inhibitions : 26-50e RP → Fatigabilité attentionnelle (erreurs sur la fin de l'épreuve)	Attention auditive : <ul style="list-style-type: none"> • Score composite : 9 (-0,3DS) • 0 Commission : 26-50e RP • 1 Omission : 26-50e RP • 0 Inhibition : 26-50e RP Réponses associées : <ul style="list-style-type: none"> • Score composite : 14 (+1,3 DS) • 0 Commission : >75e RP • 0 Omission : >75e RP • 0 Inhibition : >75e RP
Inhibition Nepsy2		Dénomination : NE = 10 Inhibition : NE = 14 Changement : NE = 15
Tour de Londres	Krikorian : +0,8 DS Anderson : -0,1 DS	Krikorian : +0,6 DS Anderson : +0,9 DS
Blocs de Corsi	Empan endroit (4) : -1,8 DS Empan envers (5) : 0 DS → La complexité semble davantage retenir l'attention de Sami	Empan endroit (6) : +0,5 DS Empan envers (5) : -0,9 DS

Tableau 2: Résultats paracliniques des 2 bilans psychomoteurs

1. Bilan psychomoteur 1 – à 10ans, en CM2

Contexte : Le bilan est recommandé par la psychologue pour évaluer les capacités attentionnelles, visuo-spatiales et le graphisme.

Lors de l'entretien, Sami intervient quand sa mère l'y incite et s'adresse à la psychomotricienne en restant tourné vers ses parents. Il se montre souriant et agréable tout au long du bilan mais présente de nombreux signes d'anxiété : se tortille les doigts, se tape le visage lorsqu'il se sent en échec (ce qui n'est pas vraiment le cas), se prend la tête dans les mains, dit ne pas être doué dans certains domaines, sa respiration est parfois saccadée.

Globalement, l'évaluation indique des compétences dans la norme pour l'âge de Sami (Tableau 2). Néanmoins, de la fatigabilité sur le plan attentionnel, une dextérité manuelle

un peu faible, ainsi que de potentielles fragilités visuo-spatiales (perception globale de la figure de Rey, empan endroit blocs de Corsi) sont relevées.

Un suivi psychomoteur est préconisé pour aider Sami à réduire ses angoisses et améliorer ses capacités attentionnelles (afin de diminuer sa fatigabilité).

Une dizaine de séances en psychomotricité basées sur un entraînement à la cohérence cardiaque avec Biofeedback ont été réalisées. Sami était en CM2. Une pause du suivi a été effectuée à son entrée en 6^{ème} et a été prolongée pendant la crise sanitaire.

2. Bilan psychomoteur 2 – à 12ans et 9mois, en 4ème

Contexte : bilan d'évolution après 2ans d'arrêt de suivi en psychomotricité.

En début de bilan, Sami peut dire qu'il appréhende un peu les épreuves. Il se montre à l'aise dans la relation. Il s'investit dans toutes les activités proposées et semble soucieux de ses productions à plusieurs reprises. D'autre part, Sami peut montrer des difficultés à rester concentré lorsqu'il est inactif. On observe de l'agitation motrice quand sa pensée n'est pas occupée, notamment dans les temps intermédiaires entre les activités proposées.

L'évaluation met en évidence (*Tableau 2*) des difficultés en motricité manuelle lorsqu'il y a une contrainte de vitesse (MABC2 et PVM). La qualité de l'écriture est inférieure aux attentes pour la classe de Sami. L'attention visuelle laisse également entrevoir quelques difficultés, Sami privilégie la qualité au détriment de la vitesse. Le coût de l'effort cognitif semble important, on observe des décrochages attentionnels et de la fatigue sur le long terme. Aussi, la construction selon un type 4 de la Figure de Rey (juxtaposition de détails, de proche en proche) peut indiquer que l'armature globale n'a pas été perçue, expliquant le score chuté à la reproduction de mémoire. D'autre part, le faible score de mémoire peut également témoigner d'un défaut d'attention lors de la copie. En outre, Sami a tendance à démissionner rapidement, il faut le solliciter pour qu'il continue sa production (sans quoi, ses scores en reproduction de mémoire auraient été encore plus faibles). Par ailleurs, on peut remarquer de meilleurs scores lorsque la tâche se complique et nécessite davantage d'implication (Attention auditive et Inhibition de la Nepsy2).

4. Synthèse

>> *Récapitulatif points notables, plaintes et difficultés :*

- Bon fonctionnement intellectuel, profil hétérogène de la moyenne à zone supérieure
- Décalage entre ses productions et ses capacités réelles

- Agitation motrice, important besoin de bouger, impulsivité
- Difficultés attentionnelles, de concentration, peut rester 15 minutes maximum sur une activité, nécessité de répéter les consignes, tendance à « s'éparpiller », rester inactif (physiquement ou cognitivement) est compliqué
- Fatigabilité importante
- Problème d'organisation entraînant des répercussions dans le quotidien
- Gestion et régulation émotionnelle compliquée
- Nombreux signes d'anxiété (rapportés par la famille, difficultés d'endormissement, comportements lors des bilans, soucieux de ses productions, anxiété de performance...)
- Difficultés graphique et de motricité manuelle (en contrainte de vitesse)
- Potentielles fragilités visuo-spatiales
- Particularités sensorielles (tactiles)

>> *Conclusions sur le profil / Diagnostic :*

D'après ces différents éléments, un diagnostic de TDAH « compensé » a été posé, avec un trouble des fonctions exécutives et associée à une anxiété de performance. En outre, les bonnes capacités cognitives de Sami, ainsi que son souhait de bien faire (en lien avec l'anxiété de performance) semblent en partie compenser ses difficultés. Mais cela est coûteux et génère une fatigue importante.

D'autre part, de nombreux éléments anxieux ont été rapportés et nécessiteraient une investigation plus approfondie.

5. EEG-Q initial – à 13ans, en 4ème

Suite au deuxième bilan psychomoteur, un EEG-Q a été réalisé afin d'approfondir la compréhension du patient et d'obtenir de plus amples informations concernant son fonctionnement neurocognitif.

Il est à noter que l'enregistrement de l'EEG-Q a été réalisé au cabinet libéral de psychomotricité. En revanche, l'analyse des résultats et la comparaison aux normes ont été faites par *l'Institut Neurosens* selon les bases de données normatives *Neuroguide* et en prenant en compte les éléments cliniques et autres examens accompagnant l'enregistrement.

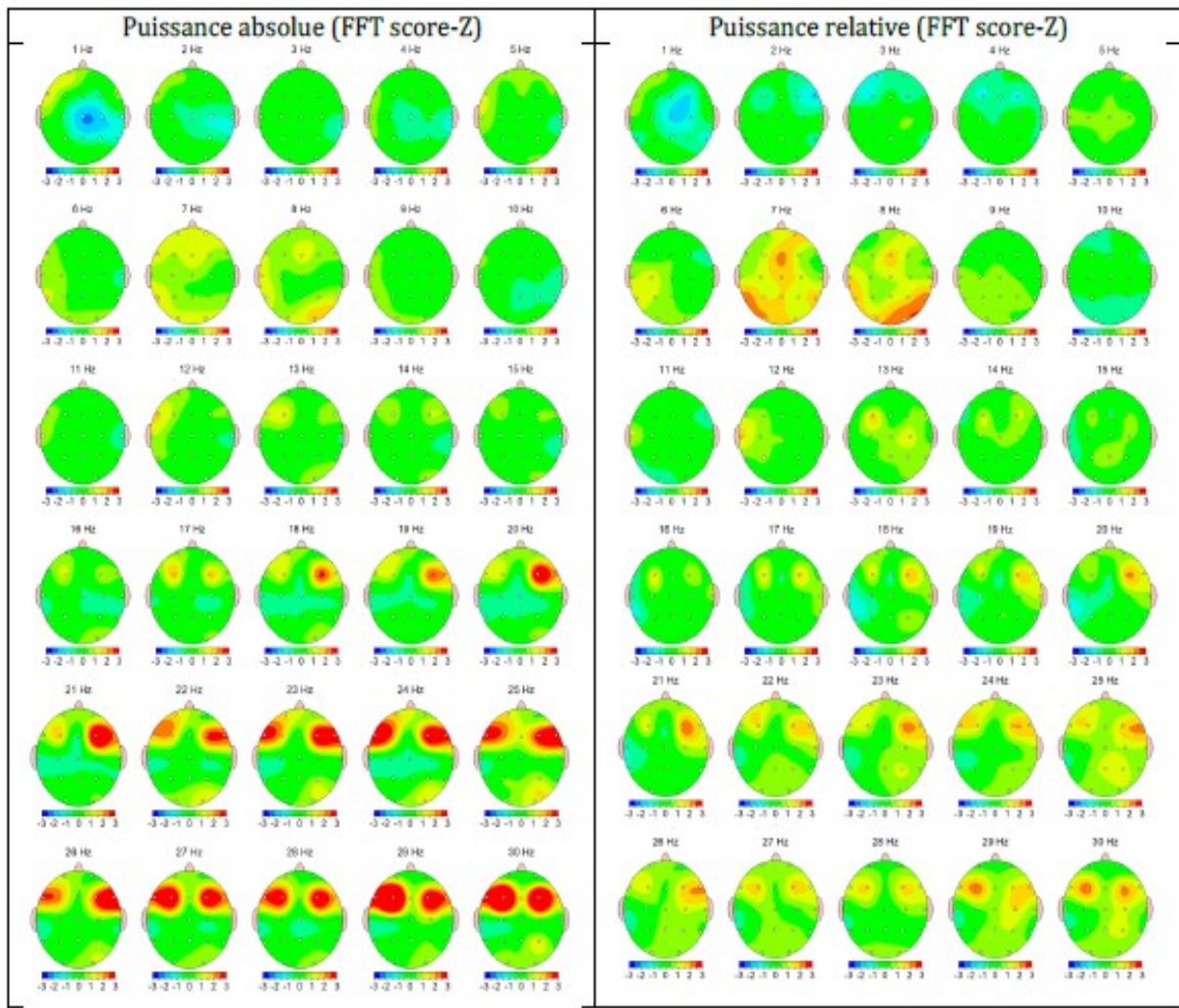


Illustration 14: EEG-Q initial : mesures selon les normes (*Neuroguide*)

Les images en puissance absolue représentent la quantité brute de chaque fréquence individuelle. Les images en puissance relative représentent la quantité relative de chaque fréquence comparée les unes aux autres.

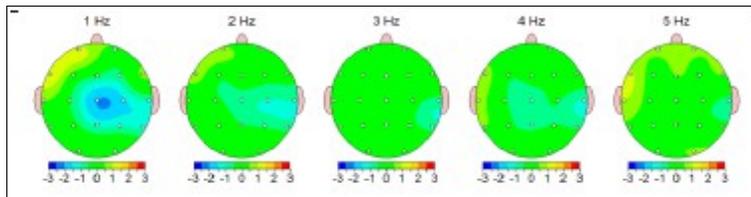


Illustration 15: Anomalie Delta – P absolue

L'EEG-Q semble indiquer la présence de carences en delta (1-2 Hz) principalement en région centro-pariétale (*Illustration 15*). Celles-ci pourraient être en lien avec les perturbations du sommeil et les difficultés de régulation émotionnelle rapportées dans les entretiens. Aussi, comme on l'a vu dans la partie théorique, ces particularités peuvent également impacter l'attention (et donc la mémoire et les fonctions exécutives) ainsi que le contrôle moteur. Sur le plan comportemental, ces éléments peuvent se manifester par de l'impulsivité et de l'hyperactivité également retrouvées chez Sami.

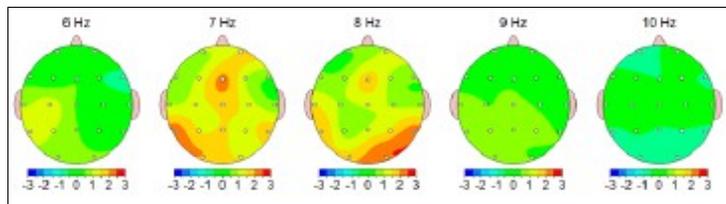


Illustration 16: Anomalie Thêta/Alpha – P relative

D'autre part, l'évaluation met en évidence un excès d'ondes thêta/alpha (6-8 Hz) (*Illustration 16*) plutôt typique de difficultés attentionnelles, qui peuvent être mises en lien avec les observations cliniques et les plaintes : « rêverie », décrochages attentionnels qui se traduisent par de la passivité...

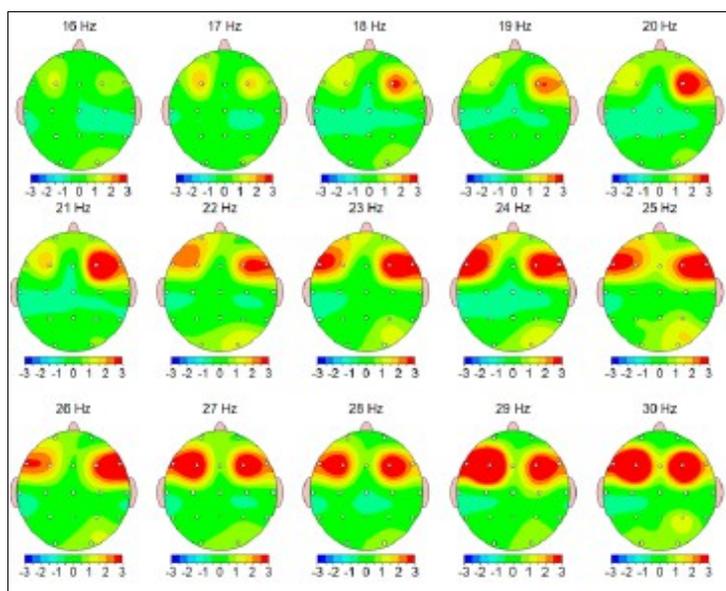


Illustration 17: Anomalie Hauts Bêta – P absolue

Enfin, on retrouve un important excès de haut bêta (18-30 Hz) sur le cortex frontal bilatéral (*Illustration 17*). Ces particularités sont représentatives de perturbations de la régulation émotionnelle (anxiété, hyperactivité cognitive, hypersensibilité) et de la régulation comportementale (états de suractivation, hyperactivité motrice, impulsivité,...). Ces états ont tendance à engendrer de la fatigue et peuvent nuire aux capacités attentionnelles et exécutives. Aussi, cela met en avant de la distractibilité et beaucoup de pensées au même moment qui peuvent engendrer des difficultés dans l'organisation et la structuration des idées.

Ces éléments corroborent les informations provenant des entretiens et bilans préalables (difficultés attentionnelles, de régulation émotionnelle, éléments anxieux, hypersensibilité, hyperactivité cognitive et motrice, problèmes d'organisation et de structuration) et donnent appui à l'hypothèse du TDAH mixte (Bien que le NFB ne constitue pas un outil diagnostic). Concernant les profils neurophysiologiques du TDAH détaillés dans la partie théorique, on remarque que Sami semble se rapprocher le plus du profil avec excès d'ondes bêta (souvent comorbide avec des troubles anxieux). Il présente également des particularités au niveau des ondes delta et thêta/alpha.

Remarque : Cette évaluation neurophysiologique nous permet de nuancer les propos tenus dans la partie théorique : L'EEG-Q de Sami met en évidence un fonctionnement neurocognitif spécifique et singulier. En effet, comme bien souvent dans la réalité, il cumule la présentation de différents profils et symptômes, et sort du cadre formel des profils types étayés dans la littérature. Ceci vient souligner l'importance, dans nos métiers de soin, de l'adaptation à chaque personne au cas par cas. Et met en avant l'intérêt de l'EEG-Q qui permet de cibler les particularités et besoins des patients. Il est toutefois essentiel de préciser que les modèles de profils retrouvés dans la littérature sont nécessaires à l'étude et à la compréhension des pathologies, et permettent d'améliorer les prises en charge. Ainsi, d'une part les apports théoriques sont nécessaires à toute pratique, et d'autre part, un praticien doit s'adapter à la réalité de chacun et considérer ses patients dans leur globalité afin de répondre au mieux à leurs besoins spécifiques.

Ainsi, l'EEG-Q nous permet d'affiner la compréhension du fonctionnement de Sami, en précisant son profil. On va alors pouvoir s'appuyer sur ces éléments complémentaires pour cibler au mieux l'intervention et hiérarchiser les objectifs de prise en charge.

II. Prise en charge

1. Projet de soins global

Suite aux différents bilans, des suivis en psychologie et en psychomotricité ont été recommandés. Seules les séances de psychomotricité ont été mises en place.

La prise en charge psychomotrice a été réalisée avec utilisation de l'outil NFB.

Pourquoi utiliser le NFB avec Sami ?

Tout d'abord, Sami dispose de bonnes compétences cognitives qui présument de capacités de métacognition. C'est un jeune qui s'implique dans ce qu'il entreprend, qui a la volonté de bien faire et qui démontre de l'intérêt dans la compréhension de son fonctionnement ; autant de critères d'adhésion à l'utilisation du NFB.

De surcroît, le NFB est un outil adapté pour un jeune adolescent dont les centres d'intérêts peuvent correspondre avec l'envie de gagner des points, d'augmenter ses scores face à une animation ou jeu vidéo. En outre, lors de la présentation de l'outil en entretien préliminaire, Sami semblait motivé et commençait déjà à réfléchir aux idées d'animations/vidéos qu'il souhaiterait qu'on lui propose lors des séances à venir.

Enfin et surtout, Sami présente un profil qui correspond aux domaines d'action d'une prise en charge avec NFB. En effet, d'après la littérature scientifique (Riesco-Matias & al., 2021), une intervention en NFB pourrait aider à améliorer la symptomatologie du TDAH, en particulier les symptômes d'inattention.

Organisation : Comme on l'a vu précédemment un entraînement en NFB requiert des séances rapprochées dans le temps, ainsi la prise en charge est fixée à 2 séances par semaines.

2. Axes et objectifs de prise en charge psychomoteurs

Les axes de prise en charge psychomoteurs pour Sami, établis selon l'ensemble des éléments détaillés précédemment, sont :

- Entraîner les capacités attentionnelles et les fonctions exécutives
 - diminuer le coût de l'effort cognitif et la fatigabilité, mettre en place des stratégies efficaces pour s'économiser et s'organiser, de sorte qu'il soit moins coûteux pour Sami de rester attentif lorsqu'il est inactif « physiquement »
- Augmenter le contrôle moteur afin de diminuer l'agitation, l'hyperactivité, et l'impulsivité
- En parallèle, l'intervention aura pour but d'améliorer la gestion émotionnelle, notamment en lien avec les signes anxieux
- Par ailleurs, la prise en charge comporte des sous objectifs transversaux afin d'aider au niveau des apprentissages :
 - améliorer les fragilités visuo-spatiales, la motricité manuelle et le graphisme

Pour résumer, les objectifs généraux peuvent être regroupés comme suivant :

- améliorer les capacités attentionnelles et les fonctions exécutives
- augmenter l'autorégulation émotionnelle et comportementale
- aider au niveau des apprentissages

3. Intervention psychomotrice avec NFB

1. Plan de prise en charge, programme NFB

Le programme de NFB de Sami prévoit 3 protocoles (normalisation, généralisation et stabilisation). Dans ce mémoire, nous présenterons uniquement les deux premiers, le dernier n'ayant pas encore été réalisé. Au total, 35 à 45 séances sont prévues. Les séances se déroulent deux fois par semaine, le mercredi en début d'après-midi et le vendredi en milieu ou fin d'après-midi.

2. Protocole NFB 1

1. Protocole et objectifs

Protocole 1

- Inhiber hauts bêta (18-30 Hz)
- En F3 et F4
- 13 séances

Le protocole 1 est établi selon les informations provenant des différentes évaluations réalisées. Il consiste à inhiber les haut bêta (18-30 Hz) présents massivement en F3 et F4 (*Illustration 17*). 13 séances ont été effectuées.

Les hauts bêta sont les cibles de ce premier protocole car ils représentent un excès important au niveau du cortex mais surtout parce qu'ils sont mis en lien avec les symptômes d'anxiété et de dysrégulation émotionnelle qui impactent significativement la vie quotidienne de Sami et de son entourage. Aussi, l'excès de hauts bêta est à corrélérer avec l'hyperactivité cognitive et motrice qui peut se répercuter sur les capacités attentionnelles et exécutives.

Les objectifs majeurs de ce premier protocole sont donc d'augmenter l'autorégulation émotionnelle et comportementale.

- Commencer par diminuer l'anxiété, la suractivation cognitive, les pensées incessantes, afin d'adopter un état plus favorable aux apprentissages (faciliter la concentration)
- Diminuer le flot de pensées continues, la suractivation et le coût du contrôle moteur pour permettre également de réduire la fatigabilité.
- Par ailleurs, le sommeil pourrait aussi bénéficier de ce protocole (notamment l'endormissement).

2. Déroulement des séances

Rappels déroulement d'une séance de NFB
• Installation du matériel (électrodes, encodeur, amplificateur, ordinateur)
• Choix du protocole adéquate (<i>ici Inhiber les hauts bêta en F3 et F4</i>)
• Mesure des niveaux de départ par EEG-Q
• Fixation des seuils de récompense à partir des valeurs de départ
<ul style="list-style-type: none"> • Entraînement avec feedbacks visuel (vidéo) et auditif (musique) <ul style="list-style-type: none"> ◦ Séquences d'environ 5 minutes de travail, séparées par des pauses de quelques minutes ◦ Au total, 21 minutes d'entraînement minimum ◦ Pour chaque séquence : <ul style="list-style-type: none"> ▪ choix de la vidéo et de la musique ▪ définition d'une consigne/stratégie à appliquer (compter tel élément, porter son attention sur tel autre, mémoriser ceci...)
+ Accompagnement du psychomotricien tout le long de la séance (explications, échanges, renforcement positif, guidance...)

Tableau 3: Déroulement séance NFB

>> *Installation du matériel*

Au début de la prise en charge, le moment de préparation et d'installation du matériel est compliqué pour Sami. Il a des difficultés à patienter et rester inactif, il s'agite sur sa chaise, on observe des mouvements de jambes. Dès les premières séances, il demande alors s'il peut faire un petit jeu ou une activité pour s'occuper pendant la mise en place de l'équipement en attendant le début de l'entraînement. À partir de là, au début de chaque séance, des jeux, ou exercices ont été proposés à Sami. En outre, ceci a permis d'amorcer le travail. Les activités proposées étaient de type résolution de problème, déduction, il y avait par exemple le *Coincidix*, la réalisation de *Pyramide 3D*, le jeu *Au voleur*, etc. (*Illustration 18*).



Illustration 18: Exemples de jeux proposés pendant l'installation du matériel NFB

Les stratégies de résolution de problème et de raisonnement ont ainsi pu être abordées (comment on s'organise de façon efficace, l'application d'un plan d'action, les étapes pour résoudre un problème : identification du problème, liste des solutions possibles, choix d'une solution qui semble appropriée et mise en place, vérification et retour au choix si échec). En parallèle, on a pu aborder pendant ce petit temps de travail, la posture, l'état d'esprit, l'attitude à adopter pendant qu'on résout une tâche : ne pas se mettre la pression, appliquer les étapes de résolution calmement, suivre la procédure sans s'agacer lorsqu'on ne trouve pas directement la solution (la procédure sert entre autre de point de repère pour que les émotions ne s'emballent pas), l'attitude à adopter face à un échec, chercher pourquoi ça n'a pas fonctionné, relativiser, ...

On a ainsi pu observer, d'une part que l'installation du matériel se passait mieux, Sami se focalisait sur son activité.

D'autre part, les premières séances ont mis en évidence un état de tension face aux difficultés, lorsqu'il commençait à bloquer sur un problème, de l'agacement, de l'agitation

ainsi que des persévérations dans l'erreur. Aussi, Sami présentait parfois des difficultés à bien identifier le problème ou une mauvaise interprétation de la consigne (« *je pensais que j'avais pas le droit de faire comme ça* »). Un élément de travail pendant ces petits temps a alors été d'inciter Sami au soliloque : *guide toi avec la parole, dis ce que tu penses à voix haute, qu'est ce qui te coince, la première étape de résolution de problème est de bien identifier ce qui nous bloque, ce qui pose soucis*. Un des objectifs a notamment été de faire prendre conscience de l'intérêt de bien poser le problème, d'appliquer la procédure de résolution ainsi que de mettre en évidence la surinterprétation des consignes. On a ainsi procédé selon une approche top down et métacognitive. Dans le même temps, on a cherché à faire redescendre les émotions, aider à relativiser, à faire les choses calmement, sans se mettre de pression, pointer le fait qu'il n'y avait pas de fort enjeu, etc.

D'un point de vu clinique, on a progressivement observé au fil des séances un changement de posture et d'attitude chez Sami, qui se concentrait directement sur l'activité, présentait moins d'agitation de façon générale (même si toujours présente), réalisait ses jeux en autonomie bien plus calmement. En outre, il s'est bien impliqué dans les tâches, et était toujours en demande, il a notamment pu dire qu'il aimait bien les jeux de résolution de problème. On note cependant que les tensions étaient toujours bien présentes lorsqu'il était confronté à un blocage.

>> *Phase d'entraînement en NFB*

	Amplitude des hauts bêta en F3 (microvolt)	Amplitude des hauts bêta en F4 (microvolt)	
Amplitude de départ	6,27	6,5	
Seuil de récompense	7,27	7,5	
			Durée
Séquence 1	6,32	6,34	4min
Séquence 2	6,43	6,5	6min05
Séquence 3	7,08	6,79	6min28
Séquence 4	6,54	6,75	4min11
Séquence 5	6,2	6,32	4min23
		Total :	25min07

Tableau 4: Exemple phase d'entraînement : Recueil des scores Séance 7

A début de la séance, on mesure l'amplitude de départ des hauts bêta (18-30 Hz) en F3 et en F4. Puis, en fonction de ces valeurs, on paramètre les seuils de récompense pour chaque électrode. Concrètement, la récompense correspond au bon fonctionnement de la vidéo et de la musique. Lorsque Sami sort des zones de récompense, l'animation et la musique se coupent, ralentissent, ne sont plus fluides. Dans ce protocole on cherche à faire diminuer l'amplitude des ondes bêta donc on va placer le seuil de récompense plus haut que l'état initial, de manière à faciliter la récompense et ainsi maintenir la motivation de Sami.

Après avoir choisi l'animation vidéo et la musique, Sami réalise les séquences d'entraînement. L'objectif pour lui pendant l'entraînement est d'être dans un état actif sur le plan cognitif, tout en étant calme sur le plan moteur et émotionnel. Pour ce faire, on peut lui donner des indications, des consignes (*ex. essaye de retenir le nom des différents animaux que tu vois dans la vidéo, compte le nombre de fois ou tu vois apparaître le parapluie*) afin d'appliquer des stratégies attentionnelle et mnésique.

À la fin de chaque séquence, le logiciel renseigne la moyenne des amplitudes sur la séquence. Lors de cette séance, Sami était récompensait lorsque l'amplitude de ses hauts bêta était inférieure à 7,27 microvolts pour l'électrode F3 et inférieure à 7,5 microvolts pour l'électrode F4 (*Tableau 4*). Les scores inférieurs aux seuils de récompense, inscrits en bleus, et les scores inférieurs à son état de départ, en vert, indiquent que Sami est dans la bonne zone de travail tout le long de la séance.

Lorsqu'il dépasse le seuil de récompense, on inscrit les résultats en rouge, et on prévient Sami afin qu'il puisse se réajuster. Dans le cas où c'est trop compliqué et qu'il reste trop longtemps dans le rouge, on ajuste la valeur du seuil de récompense afin de faciliter le travail, de sorte qu'il reçoivent suffisamment de récompense pour maintenir son implication dans la tâche. De cette façon, on s'adapte à l'état du sujet sur le moment, ce qui permet un apprentissage continu même lorsqu'il est fatigué.

Sur une séance, Sami réalise généralement entre 21 et 25 minutes d'entraînement NFB (en sachant qu'il faut un minimum de 21 minutes de travail par séance). Au début de la prise en charge, il faisait plusieurs petites séries de 3-4 minutes, puis progressivement il est passé à 4 séquences d'environ 5 minutes puis sur la fin il arrivait qu'il tienne plus

longtemps (jusqu'à 8 minutes d'affilées).

Une séance en elle-même dure entre 1h et 1h30 en prenant en compte le temps de préparation, de désinstallation du matériel et de débriefing.

Pour la séance 7 donnée en exemple, les scores sont bons, Sami parvient à maintenir l'amplitude de ses ondes rapides dans une zone de travail acceptable.

Si on effectue un zoom sur la séquence 3, on peut s'apercevoir que l'amplitude des hauts bêta a légèrement augmentée (*Tableau 4*). On remarque également que la séquence est plus longue que les autres. Ceci peut laisser supposer qu'il a été plus difficile ou fatigant de maintenir l'attention sur la tâche pendant les 6 minutes et demie, sans s'agiter (physiquement ou mentalement). Cliniquement, on peut par exemple observer des mouvements des jambes. Et, quand on demande à Sami, comment il s'est senti pendant la vidéo, il nous dit qu'à un moment il a pensé à autre chose puis qu'il a essayé de reprendre les comptes en cours de route (faisant référence à la consigne de comptage d'éléments présents dans la vidéo). On peut ainsi mettre en lien les mesures réalisées en temps direct avec les observations cliniques. En outre, il est important de donner un feedback à Sami sur le moment, afin de lui faire prendre conscience de l'état dans lequel il se trouve. Il pourra alors chercher à se réajuster en essayant des techniques ou stratégies sur lesquelles on peut le guider.

Sur une autre séance dans laquelle il présente des scores élevés, il peut par exemple dire qu'il s'est perdu dans les comptes, qu'il s'est posé la question de savoir s'il devait compter tel ou tel élément, et que ça l'a perturbé. On peut alors supposer que les scores élevés résultent de ces pensées qu'il a eues pendant la vidéo. Ici aussi, on peut en discuter ensemble, lui montrer les scores qui augmentent par rapport à ce qu'il décrit sur son fonctionnement cognitif. Ainsi, cela va progressivement contribuer à favoriser l'association entre son état, ses pensées et son activité cérébrale. D'autre part, cet événement a également permis de revenir sur le fait que ce n'est pas grave de se perdre dans ses comptes, et de mettre en avant le fait qu'il a pu se réorganiser pour poursuivre sa tâche malgré tout. De cette manière, on renforce le bon comportement, on l'encourage à poursuivre ses efforts et on maintient sa motivation.

Remarque : Les consignes données avant le début des séquences peuvent consister à compter des éléments, retenir de quoi la vidéo parle, nommer les catégories de choses présentées, se focaliser sur tel élément etc. Elles permettent de rester actif cognitivement. De plus, cela peut également constituer une aide afin d'identifier quelle stratégie fonctionne pour maintenir un état attentif tout en étant calme sur le plan moteur et émotionnel.

3. EEG-Q 2 - à 13ans et 2mois

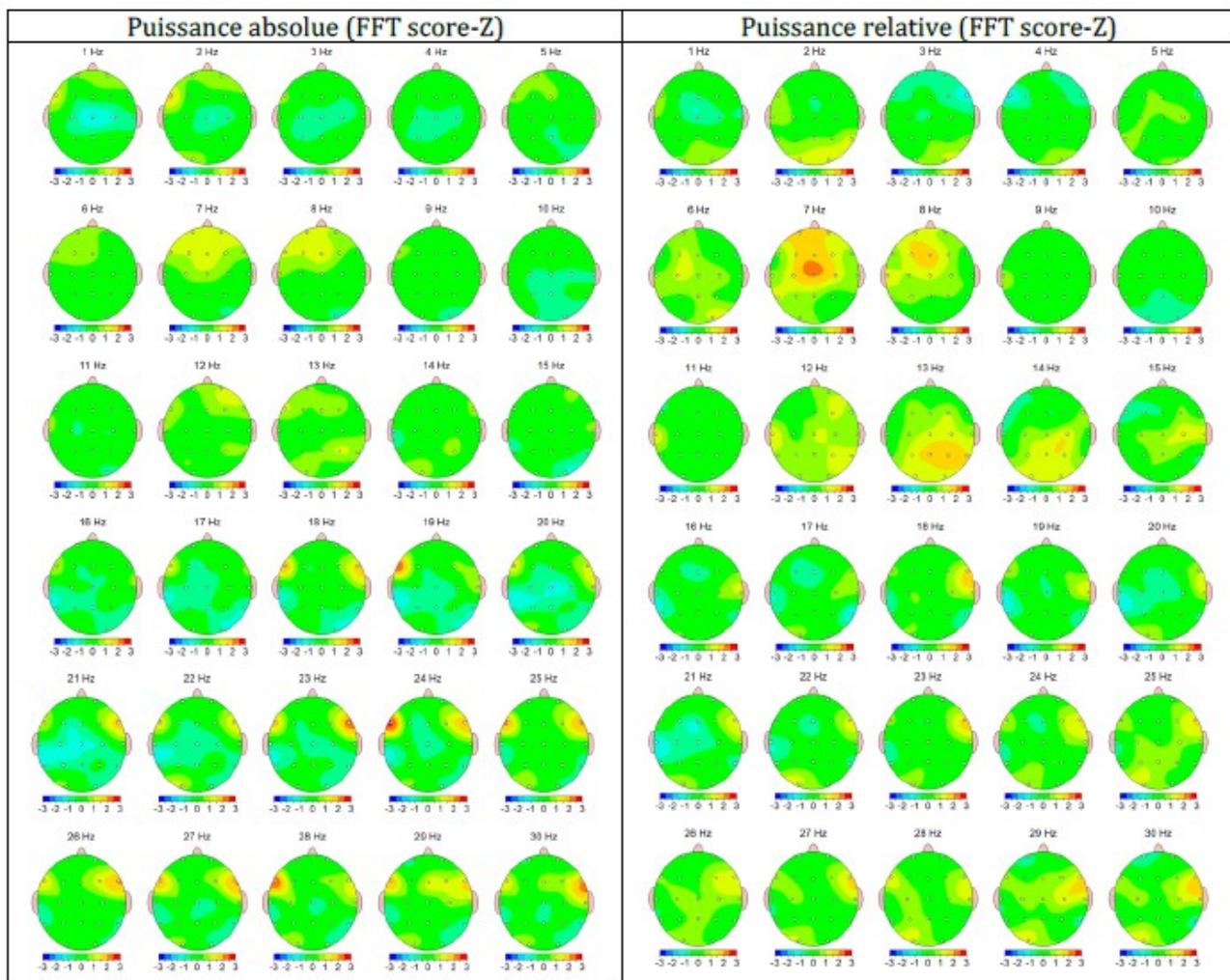


Illustration 19: EEG-Q 2 - évaluation de suivi

Pendant l'enregistrement Sami est plutôt détendu, il ne présente pas de tendance à s'endormir, il est en vacances depuis une semaine.

>> Comparaison anomalie par anomalie :

EEG-Q 1

EEG-Q 2

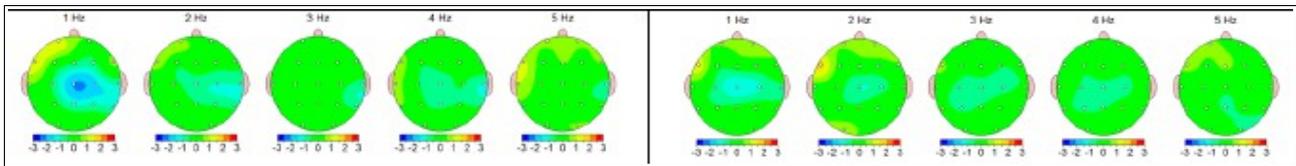


Illustration 20: Comparaison Delta - P absolue

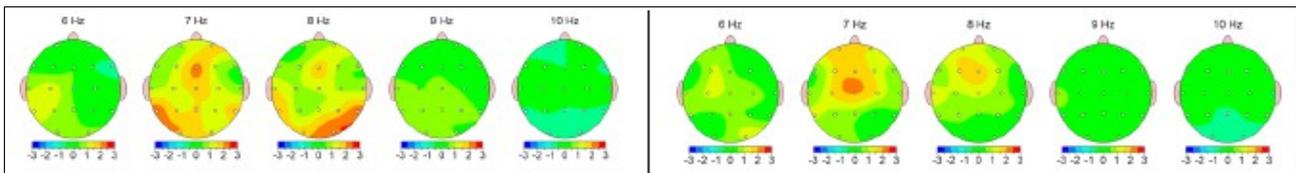


Illustration 21: Comparaison Thêta/Alpha – P relative

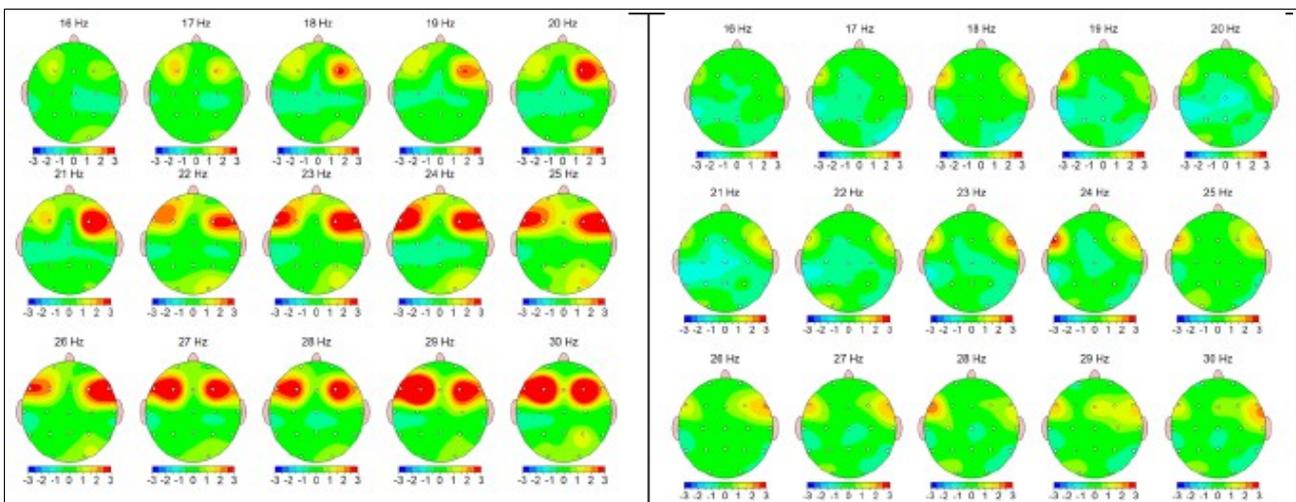


Illustration 22: Comparaison Hauts Bêta - P absolue

L'analyse de l'EEG-Q d'évolution par rapport à l'EEG-Q initial nous permet de relever :

- **Une diminution massive de l'excès des hauts bêta** (Illustration 22), généralement reliée à des gains au niveau de l'autorégulation émotionnelle et comportementale tels que : une diminution de l'hyperactivité cognitive et motrice avec un meilleur contrôle moteur, une réduction des symptômes anxieux, de l'hypersensibilité etc.
- **Une amélioration des carences en delta** (Illustration 20) pouvant être associée à des bénéfices au niveau de la régulation émotionnelle (meilleure gestion des

émotions, moins de stress) ainsi que des gains au niveau du sommeil. De plus, les capacités attentionnelles (et donc mémoire et fonctions exécutives) et le contrôle moteur peuvent aussi être améliorés (*Institut Neurosens*).

- **Une diminution des thêta/alpha au niveau du cortex occipital** (*Illustration 21*) qui correspond généralement à des gains au niveau attentionnel
- **Un excès des thêta/alpha toujours présent en Fcz** (cortex fronto-central-médian) (*Illustration 21*)

Sur le plan clinique, on observe un changement dans la posture de Sami, qui apparaît plus détendu, moins préoccupé, ce qui peut correspondre avec la diminution des hauts bêta et l'évolution des delta. Lors de la préparation des séances, il fait le jeu proposé plus calmement sans s'agiter, ni s'agacer, ou s'exciter. Les tensions peuvent néanmoins encore être présentes lorsqu'il bloque longuement sur un problème sans trouver la solution. D'autre part, il s'est familiarisé avec la prise en charge, il connaît le déroulement de la séance et se tient prêt d'une étape à l'autre. Ainsi, sa posture est plus adaptée entre chaque transition (entre l'installation du matériel, le choix du programme à l'ordinateur, la mesure de départ et les séquences d'entraînement), il sait où regarder et n'est pas passif. Il est investi dans le choix des vidéos et musiques, s'implique dans les séances, s'intéresse petit à petit à l'outil NFB et est attentif à ses scores. (Il peut dire s'il obtient du bleu, vert ou rouge). On observe également que les mouvements de jambes sont toujours présents par moment mais que l'agitation générale a diminué, il est moins « éparpillé ». Ce qui peut correspondre à l'amélioration du contrôle moteur mais également des capacités attentionnelles en lien avec l'amélioration des hauts bêta, des delta et des alpha. Concernant le sommeil, quand on interroge Sami, il répond que ça va. Si l'on creuse un peu plus, on s'aperçoit que c'est encore compliqué, il nous dit que ça dépend des jours.

Ainsi, les résultats de ce deuxième EEG-Q indiquent une évolution plutôt favorable. Sami semble bien adhérer à la prise en charge, et l'activité cérébrale observée correspond aux progrès notés sur le plan comportemental.

4. Protocole 2

1. Protocole et objectifs

La visée de ce deuxième protocole est d'une part, de poursuivre les objectifs généraux :

- améliorer les capacités attentionnelles et les fonctions exécutives
- augmenter l'autorégulation émotionnelle et comportementale
- aider au niveau des apprentissages

D'autre part, avec ce protocole on cherche également à promouvoir la généralisation des apprentissages en intégrant des tâches, activités, jeux.

Sur le plan neurophysiologique, maintenant que les hauts bêta sont quasiment « normalisés », les objectifs spécifiques vont être :

- d'inhiber les thêta/alpha (6-8 HZ) présents en excès en Fcz
- de renforcer les SMR (12-15 Hz)

L'excès de thêta/alpha correspondrait aux difficultés attentionnelles relevées chez Sami (décrochages, « rêverie », passivité, ...). On vise alors dans ce protocole à améliorer les capacités attentionnelles, et ceci sans pour autant augmenter l'hyperactivité motrice. En effet, pour une personne avec TDAH, bouger permet de maintenir sa concentration. On ne veut donc pas améliorer l'attention au détriment l'agitation motrice. C'est pourquoi, ce protocole cible également le renforcement des SMR qui sont impliqués dans le contrôle moteur. On cherche donc ici à entraîner conjointement l'attention et le contrôle moteur, de façon à favoriser la capacité à mobiliser ses ressources attentionnelles sur une tâche, tout en restant tranquille sur le plan moteur. De nouveau, l'autorégulation, les fonctions exécutives et le sommeil pourront bénéficier de cet entraînement.

Pour ce protocole, 10 séances ont été réalisées, avec une électrode positionnée en Fcz.

Protocole 2

- Inhiber thêta/alpha (6-8 Hz)
- Renforcer SMR (12-15 Hz)
 - En Fcz
 - 10 séances
- tâches pour généralisation

2. Déroulement des séances

Les séances se scindent en 2 parties :

- Une première phase d'entraînement NFB semblable au protocole 1, composée de séquences de travail d'environ 5 minutes. L'objectif pour Sami est identique : être actif cognitivement, tout en étant calme du point de vue moteur et émotionnel. Pour cela, il utilise les mêmes stratégies attentionnelles et mnésiques de comptage et de mémorisation d'éléments présents dans la vidéo.
- Puis, en deuxième partie de séance, une phase comportant des tâches à réaliser afin de favoriser la généralisation des acquis, tout en gardant le feedback sonore.

>> *Activités proposées*

Pour choisir les activités à proposer pendant la phase de tâches, je me suis basée sur les axes de travail psychomoteurs suivant :

- l'attention et les fonctions exécutives
 - avec pour objectif d'entraîner les capacités attentionnelles, de reprendre le travail qui a été amorcé pendant le protocole 1 à savoir la résolution de problème dans un état calme sans s'énerver et se fatiguer, la mise en place de stratégies pour s'économiser, améliorer la flexibilité mentale, diminuer le coût cognitif, et la fatigabilité
- la régulation émotionnelle et le contrôle moteur
 - avec des mises en situation de challenge par exemple, à plusieurs, en contrainte de vitesse

Ainsi que, en second plan :

- la motricité manuelle
 - car des fragilités ont été repérées dans les bilans. Cela peut aussi permettre d'entraîner l'attention ainsi que le contrôle moteur afin de diminuer l'hyperactivité et l'impulsivité motrice
- le visuo-spatial
 - car de potentielles fragilités sont rapportées. C'est un axe transversal car il est souvent présent dans les jeux de résolution de problème

Dans un premier temps, je pensais proposer les activités de façon hiérarchisée selon un ordre particulier. J'aurais commencé par des jeux individuels de résolution de problème, de déduction (comme le *Code couleur*, le *Métaforms*, etc.) (*Tableau 5*) pour continuer sur le même principe que ce qui avait été fait pendant le protocole 1 (lors de l'installation du matériel). Puis, progressivement je souhaitais intégrer des tâches avec contrainte de vitesse, de challenge contre lui-même pour augmenter un peu la charge émotionnelle. Et enfin, j'aurais proposé des jeux à plusieurs (à 2 ou 3) pour rajouter du challenge et de la pression. En procédant comme cela, j'avais dans l'idée de graduer la difficulté, ceci dans l'optique d'observer comment il se débrouillerait avec la pression qui augmente, avec ses émotions, est ce qu'il serait toujours capable d'appliquer un plan d'action, est ce qu'il se laisserait déborder... Ceci m'aurait permis d'aborder la régulation émotionnelle de façon graduelle.

Cependant, cette progression n'a pas été adoptée. En effet, j'ai dans un premier temps listé les jeux et activités que je souhaitais proposer en fonction des objectifs. Puis, je les sélectionnais sur le moment pendant la séance en m'adaptant à la situation. J'ai par exemple proposé les activités selon l'humeur et l'état de Sami qui arrivait parfois fatigué aux séances et avait besoin de motivation. Lorsque c'était le cas, je lui faisais alors choisir entre deux jeux pré-sélectionnés (tâches faisant intervenir de la manipulation ou avec challenge pour augmenter son implication). Je pouvais aussi choisir une activité plus motrice lorsque son attention chutait dans le but de le rendre plus actif, de mobiliser plus facilement son attention ceci afin de favoriser les apprentissages. D'autres fois, le choix de l'activité a pu se faire en fonction des appétences de Sami. En effet, certains jeux ne lui plaisaient pas vraiment, alors je lui en proposais plusieurs pour qu'il ait quand même la possibilité de choisir, et des compromis ont pu être passés.

Ainsi, plutôt qu'une graduation de la charge émotionnelle, les tâches n'ont pas été hiérarchisées mais alternées (passant par exemple du challenge à plusieurs à du jeu individuel, de la résolution de problème à des tâches plus motrices ou attentionnelles). Cette liberté dans le choix du jeu m'a permise de m'adapter à l'état du patient sur le moment.

Les activités proposées ont été les suivantes :

Activités proposées	Image	Objectifs – Pourquoi ce choix
Code couleur		Planification, résolution de problème, visuo-spatial (individuel)
Station spatiale	<i>Reproduction d'un modèle complexe sous forme de puzzle avec déduction</i>	Résolution de problème visuo-spatial, organisation, planification (challenge à 2) gestion émotionnelle, gestion du temps
Dobble + attention divisée		Attention visuelle, attention divisée, vitesse de traitement, régulation émotionnelle
Cortex		Attention, flexibilité mentale, mémorisation, vitesse de traitement
Totem zen		Dextérité manuelle, contrôle moteur, attention, régulation émotionnelle, gestion du temps, organisation (rapport rapidité/précision)
Doigts malin		Dextérité manuelle, régulation émotionnelle, organisation
Rush hour		Résolution de problème, planification
Vitrail		Résolution de problèmes spatiaux, gestion émotionnelle
Métaforms		Résolution de problème, déduction, visuo-spatial (individuel)

Tableau 5: Activités proposées en 2ème partie de séance

Les tâches de la dernière séance ont consisté à administrer des tests psychomoteurs d'évolution (D2, Dextérité manuelle du MABC-2 et Figure de Rey).

>> *Un séance type :*

	Amplitudes (microvolts) SMR à Renforcer	Amplitudes (microvolts) Thêta/alpha à Inhiber	
Amplitude de départ	5,54	13,52	
Seuil de récompense	4,54	14,52	
			Durée
S1- Entraînement	5,7	14,47	6min
S2- Entraînement	5,64	14,45	5min15
S3- Dobble	6,45	13,51	4min06
S4- Dobble attention divisée	6,4	13,52	5min50
S5- Dobble attention divisée	6,62	13,45	3min58
		Total :	25min09

Tableau 6: Exemple Séance Protocole 2 - recueil des scores

La première partie de la séance se déroule globalement de la même façon que pour le protocole 1. Dans cet exemple, Sami a effectué 2 séquences d'entraînement avant l'introduction des tâches. Le jeu proposé était :

- un *Dobble* simple afin d'entraîner l'attention visuelle et la rapidité de traitement de l'information ;
- un *Dobble* consigne modifiée : "*Dobble sonnette*" (on définit 2 symboles cibles, et en plus de la règle classique, les joueurs doivent actionner une sonnette chaque fois qu'un des 2 symboles apparaît + changement des symboles cibles) afin de travailler l'attention divisée et l'inhibition.



Illustration 23: "*Dobble sonnette*"

Sami réalise les tâches en parallèle des mesures NFB. Il est alors encouragé à garder la même attitude que lors des séquences d'entraînement seul (être attentif et calme au niveau moteur et émotionnel). Le feedback sonore (musique choisie) est toujours présent et lui permet de s'ajuster. Aussi, le psychomotricien le guide, et lui donne un retour supplémentaire sur son activité.

Dans cette séance on observe qu'à partir de l'introduction du jeu, les scores de Sami se modifient (*Tableau 6*) :

- Les SMR ont tendance à augmenter. On peut interpréter cette augmentation comme un meilleur contrôle de son agitation. En effet, Sami, qui devient actif dans la tâche aurait moins de difficultés à contrôler ses mouvements, que lorsqu'il regarde l'écran sans devoir bouger.
- L'amplitude des θ /alpha quant à elle diminue. On peut également attribuer cette amélioration au fait que Sami devient actif. Avant le jeu, ses scores étaient plutôt en phase ascendante, laissant entendre qu'il devenait un peu passif. Au niveau clinique, on relevait notamment des bâillements et un affaissement dans le siège. L'introduction de l'activité amène un peu de challenge et de l'action, ce qui «réveille» Sami, qui mobilise plus facilement son attention. En outre, c'est un jeu qu'il aime bien et qui le motive.

4. Rôles et fonctions du psychomotricien

Dans une prise en charge en NFB le psychomotricien intervient sur plusieurs plans à la fois et endosse différents rôles.

>> Dans un premier temps, il se doit de guider le patient dans la connaissance de l'outil NFB. En effet, il doit, de façon adapté (à son âge notamment), lui apporter toutes les informations nécessaires à la compréhension et au bon déroulement de son suivi (explication du matériel, du fonctionnement du NFB, en quoi ça consiste, les objectifs visés, comment faire pour progresser etc.).

>> D'autre part, un des rôles indispensables est d'aider le patient à prendre conscience qu'il peut avoir un contrôle volontaire sur son activité cérébrale. Aussi, il s'agira de le guider afin de trouver par quel moyen il peut exercer ce contrôle (quelles stratégies mettre en place et quelles techniques fonctionnent pour lui spécifiquement).

- Pour ce faire, le psychomotricien accompagne le sujet dans la reconnaissance de ses comportements et de ses états mentaux. Il l'aide ainsi à repérer lorsqu'il se trouve dans un bon état (par exemple, favorable aux apprentissages, un état attentif, actif cognitivement), et lorsque ça n'est pas le cas. Le patient va alors

pouvoir mettre en lien ses comportements et son activité cérébrale.

- Aussi, le psychomotricien va inciter son patient à l'introspection de façon à ce qu'il identifie ce qui fait qu'il est dans un bon état, (auto-analyse de ses pensées, sur quoi il se concentre, est ce qu'il a mis en place une stratégie etc.). De cette façon, le sujet va progressivement comprendre son propre fonctionnement et apprendre ce qui fonctionne pour lui.
- Le patient qui est alors en capacité de reconnaître les moments où il n'est pas dans le bon état, va pouvoir essayer d'intervenir, d'agir dessus en modifiant ses comportements, en utilisant les techniques et stratégies repérées précédemment.
- D'autre part, il sera également encouragé à prendre conscience des moments où il est dans un bon état afin de maintenir ses comportements.

Dans le cas de Sami, un échange au cours d'une séance pouvait se passer comme suivant : « *là tes scores (sous entendu l'amplitude des thêta/alpha, à inhiber) sont en train d'augmenter. Comment tu te sens à ce moment ? Qu'est ce qu'il se passe dans tes pensées ?* ». Ce à quoi Sami a répondu après un bâillement « *je sais pas trop, j'ai pas fait attention, je suis un peu fatigué, je crois que mon cerveau a bugué* ». Une autre fois, il a pu dire « *Mes pensées sont parties* » ou « *Je n'étais plus concentré* ». De cette façon, on l'aide à se rendre compte de son état et on facilite l'association entre ses états mentaux et ses scores (donc son activité cérébrale). Progressivement, il s'est affairé à identifier quand ses pensées se dispersaient ou quand il était concentré, et il pouvait l'exprimer de lui même à la fin des séquences « *là je me suis perdu* », « *c'était bien cette fois* ».

A contrario, il est également important de signaler au patient lorsqu'il se trouve dans un bon état. D'une part pour renforcer son comportement. On a par exemple pu dire « *là tes scores sont bons, continue comme ça, c'est très bien au niveau de ton état* ». Et d'autre part, on l'invite à examiner comment il se sent, ce qu'il est en train de faire, est ce qu'il a mis quelque chose en place, est ce qu'il a adopté une stratégie particulière, etc. Ceci dans le but qu'il comprenne ce qui lui permet d'être dans une attitude attentive. Puis, sur les prochaines séquences, on l'incite à reproduire les mêmes comportements et on vérifie si ses scores vont dans le même sens.

>> De plus, le psychomotricien amène des mises en situation pratiques afin d'entraîner les capacités en situations réelles et favoriser la généralisation des apprentissages. Cette étape commence lors du deuxième protocole avec l'introduction des tâches pendant

l'entraînement. Le psychomotricien confronte le patient à des activités, jeux qui sollicitent son attention, ses fonctions exécutives, sa mémorisation, sa gestion émotionnelle etc. et l'accompagne à appliquer ce qu'il a précédemment appris. Durant les tâches, le feedback sonore est toujours présent pour permettre au patient de continuer l'entraînement et l'apprentissage au niveau cérébral. Le psychomotricien quant à lui adopte la même attitude qu'en entraînement seul, il donne des feedbacks supplémentaires et renforce le patient quand il le faut. Il l'aide également à prendre du recul sur son activité, afin qu'il identifie s'il procède de la bonne façon, ou pas, pour qu'il s'ajuste.

Par ailleurs, la posture du psychomotricien est identique à celle adoptée lors d'une rééducation traditionnelle (encourager les fonctions psychomotrices, renforcer les bons comportements, entraîner les fonctions déficitaires et prendre appuis sur les capacités préservées, etc.), et il utilise les jeux proposés de la même façon qu'en séance de psychomotricité classique.

>> Le psychomotricien va également favoriser le transfert des acquis à différents milieux. Il peut notamment inciter le patient à se mettre dans tel état lorsqu'il fait une tâche à la maison. Il peut par exemple dire à la fin d'une séquence « *Cette séquence était très bien, tes scores sont bons, tu étais dans le bon état. Tu peux essayer de refaire comme tu as fait là quand tu feras tes devoirs en rentrant* ». Et demander un retour la séance d'après.

>> Par ailleurs, il est important d'accompagner son patient tout au long de la prise en charge dans ses ressentis, son expérience subjective vis à vis du suivi, ses observations, questionnements et mises en application dans la vie quotidienne.

À cela s'ajoute toutes les caractéristiques attendues d'un psychomotricien lors d'une prise en charge classique.

>> Ainsi, tout au long du suivi, le psychomotricien doit, entre autres, faire preuve de flexibilité et s'adapter à son patient. En effet, les activités proposées doivent tenir compte de son état du moment, sa motivation, son humeur, sa fatigue... Pour cela, le regard psychomoteur joue un rôle important : prise en compte de l'aspect clinique, des communications verbales et non verbales (la posture, les mimiques, le discours etc.) qui renseignent sur l'état du sujet, et ceci pendant la séance mais aussi dans les moments de

transition, en salle d'attente, à la fin de la séance etc. Il est également essentiel de rappeler l'importance du renforcement positif, de l'encouragement et du soutien dont le psychomotricien doit faire preuve tout au long de l'apprentissage, ceci en veillant à adopter une posture bienveillante. Ainsi, de la même façon qu'on adapte les seuils de récompense en fonction de l'état présent du sujet, on va adapter nos exigences, et attentes selon ses capacités dans l'optique de favoriser l'apprentissage. Il s'agit également d'intégrer le côté ludique à la prise en charge, passer par le jeu, proposer des activités motivantes au patient, qui le font apprendre tout en maintenant son intérêt, son implication et sa motivation.

>> Il est également déterminant de rendre le patient acteur de sa prise en charge. D'autant plus avec l'utilisation du NFB. Il faut lui montrer qu'il peut lui-même agir sur son comportement, et mettre en avant ses progrès. Cela permettra d'augmenter son sentiment d'efficacité personnel et d'encourager la généralisation et le transfert des apprentissages. On va alors progressivement estomper notre aide, qui est très présente au début de la prise en charge pour guider le patient dans le processus nouveau du NFB. Et, petit à petit, elle impliquera seulement un soutien, des renforcements et quelques points de rappel si nécessaire.

>> De même que pour une intervention en psychomotricité classique, le psychomotricien se doit également de procéder à une évaluation continue (avant, pendant et après l'intervention). Ceci permet d'apprécier l'évolution du patient et de mettre à jour les objectifs de prise en charge. De cette façon, on s'ajuste au mieux à ses besoins.

>> Par ailleurs, il semble essentiel d'envisager le patient dans sa globalité. Il apparaît notamment important de prendre en compte l'environnement du patient et d'intégrer les parents / l'entourage au suivi. En effet, les solliciter et les impliquer dans les soins permet d'avoir un impact plus conséquent sur le patient et sa vie quotidienne et facilite la généralisation et le transfert des apprentissages. De plus, l'environnement peut parfois jouer un rôle considérable vis à vis des troubles (notamment du TDAH). Ainsi, le psychomotricien peut également être amené à faire de l'éducation thérapeutique, et pourquoi pas proposer une guidance parentale... Dans tous les cas, il est indispensable d'à minima expliquer au représentant légal du patient (si mineur), la prise en charge avec NFB, ce qu'on travaille, les objectifs visés, ce qui peut être repris à la maison etc.

>> Enfin, le psychomotricien doit proposer un cadre propice au développement des potentialités de son patient. Il doit viser l'amélioration de ses capacités et l'augmentation de ses possibilités, ceci dans l'optique d'améliorer sa qualité de vie.

III. Résultats – Bilan d'évolution

1. Évolution clinique lors de la prise en charge

Sur l'ensemble du protocole 2, on peut relever que Sami s'organise différemment face aux résolutions de problème présentées. En effet, il persévère moins dans l'erreur, il fait preuve de plus de flexibilité qu'au début de la prise en charge et peut changer de tactique face à un échec.

Aussi, son attitude a nettement évolué : il apparaît moins anxieux, adopte une posture plus attentive, détendue, il a tendance à moins s'agacer devant un blocage, il va plutôt réfléchir et essayer différemment. Il lui arrive encore laisser ses émotions s'emballer. Quand c'est le cas, le fait de pointer que la tension augmente va favoriser la redescende et le contrôle. On a pu lui dire par exemple « *Rappelle toi ce qu'on a travaillé, quelle attitude on adopte pour résoudre un problème, on reprend les choses calmement* » ...

De plus, il est capable de rester concentré plus longtemps sur les séquences d'entraînement (parfois seules deux séquences de 11 à 12 minutes sont réalisées).

De surcroît, Sami ne réalise plus de jeu pendant l'installation du matériel et n'en demande plus. Il participe à la préparation de la séance. Il peut parfois s'impliquer activement dans la mise en place des électrodes par exemple, et parfois non. De façon générale, il apparaît plus patient et son agitation pendant la préparation de l'équipement a diminué.

Par ailleurs, il montre de l'intérêt pour le NFB, se rappelle des bandes de fréquences travaillées et peut identifier si ses scores sont bons ou pas. En fin de protocole, il connaît les différentes étapes de la démarche à suivre pour lancer le logiciel et peut nous les dicter. Il propose lui même les consignes avant chaque séquence. Il est capable de faire le lien entre son état et l'environnement, il s'aperçoit par exemple que lorsque l'animation est plus lente et moins dynamique il a tendance à devenir passif, à bâiller, « somnoler » (lorsque les thêta/alpha sont élevées).

Ainsi, on voit une bonne progression se dessiner au cours du suivi : moins d'anxiété, meilleure gestion des émotions face aux activités, moins d'hyperactivité et d'agitation, capacité à rester attentif et maintenir sa concentration plus longtemps, amélioration des fonctions exécutives (flexibilité mentale, planification/organisation, résolution de problèmes), et bonne prise de conscience qu'il peut exercer un contrôle volontaire sur ses états mentaux. Cependant, il est à noter que son fonctionnement peut être variable d'une séance à l'autre, et les acquis ne sont pas encore automatisés. Le protocole 3 pourra alors aider à consolider ce qui a été mis en place.

2. Tests psychomoteurs

	Test à 12ans9m	Re-test à 13ans4m
Domaine moteur		
MABC2	Dextérité manuelle : NS = 8 → 25e RP <ul style="list-style-type: none"> • Retourner les chevilles : NS = 4 • Écrous et boulons : NS = 1 • Trajet : NS = 13 	Dextérité manuelle : NS = 8 → 25e RP <ul style="list-style-type: none"> • Retourner les chevilles : NS = 9 • Écrous et boulons : NS = 6 • Trajet : NS = 13
Domaine visuo-spatial		
Figure de Rey	<p>Copie Type 4</p> <ul style="list-style-type: none"> • score : +0,1 DS • temps : 50e RP <p>Mémoire Type 5</p> <ul style="list-style-type: none"> • score : -1,6 DS • temps : 50e RP 	<p>Copie Type 4</p> <ul style="list-style-type: none"> • score : -0,8 DS • temps : 10e RP (très rapide) <p>Mémoire Type 2</p> <ul style="list-style-type: none"> • score : 0 DS • temps : 15e RP (rapide)
Attention et fonctions exécutives		
D2	<p>Vitesse de traitement (Gz) : -1,4 DS</p> <p>Score Erreur : -0,6 DS (qualité +0,6DS)</p> <p>Rendement : -1,2 DS</p> <p>Attention soutenue (KL) : -0,9 DS</p>	<p>Vitesse de traitement (Gz) : -0,99 DS</p> <p>Score Erreur : -0,9 DS (qualité +0,9 DS)</p> <p>Rendement : -0,7 DS</p> <p>Attention soutenue (KL) : -0,4 DS</p>

Tableau 7: Comparaison résultats paracliniques Test/Retest

Les tests psychomoteurs ont été administrés pendant la dernière séance de NFB du protocole 2, durant la partie avec tâches.

>> Pour apprécier l'évolution de Sami, j'ai tout d'abord choisis de lui refaire passer le **D2** afin de ré-évaluer ses capacités attentionnelles.

Les résultats chiffrés du premier test mettaient en avant de la lenteur. En effet, Sami privilégiait la précision au détriment de la vitesse. Les observations cliniques quant à elles, semblaient indiquer que la tâche était coûteuse pour Sami. On relevait des décrochages attentionnels, de l'agitation (mouvements de jambes, changements de posture, il pouvait se passer les mains sur le visage), ainsi que de la fatigue sur le long terme.

En outre, il est précisé que le TDAH de Sami est en partie « compensé », de ce fait il apparaît important de tenir compte des observations comportementales. Ces éléments ont donc motivé mon choix pour refaire passer le D2.

Lors du retest, on observe que Sami procède calmement, son organisation semble efficace, il ne se détourne pas de la tâche. Il adopte une posture adaptée, qui se dégrade néanmoins sur la toute fin de l'épreuve. Par ailleurs, on voit apparaître des mouvements de jambes pour les cinq dernières lignes. À la fin du test, il pourra dire que « ça va, ça a été ». Concernant les scores, on peut voir une légère amélioration, même si de la lenteur est encore un peu présente. De même, la qualité prime toujours sur la vitesse.

Ces éléments mettent en évidence une petite progression, surtout notable dans le fonctionnement de Sami. Il semblerait qu'il se mette moins la pression, l'agitation a fortement diminué (seuls restent les mouvements de jambes sur la fin), et il reste concentré sur la tâche qui apparaît alors moins coûteuse.

>> J'ai ensuite souhaité administrer la partie dextérité manuelle du **MABC-2**, d'une part car Sami présentait des scores faibles lors du bilan avant prise en charge (*Tableau 7*), et d'autre part, car ses performances semblaient être impactées par la contrainte de vitesse. En effet, les scores aux items *Retourner les chevilles* et *Faire un triangle avec écrous et boulons* étaient chutés. Et ce sont toutes deux des épreuves comprenant un chronomètre. De plus, si on regarde les résultats de la Précision visuo-motrice (PVM) de la Nepsy-2 et ceux du Trajet du MABC-2, on s'aperçoit qu'ils diffèrent légèrement (*Tableau 8*). Or, ce sont deux tests qui s'apparentent dans la tâche à exécuter, à la différence que la PVM est sous contrainte de vitesse.

Nepsy2 – PVM	MABC2 – Trajet	Interprétation
Temps : NE = 10 Erreurs : 3 soit 26-50e RP Lever de crayon : 1 soit 51-75e RP Score composite : 8 soit -0,7 DS	NS : 13 Pas d'erreur	On observe que les scores sont moins bons pour la PVM. Il commet plus d'erreurs.

Tableau 8: Tableau de comparaison des scores PVM et Trajet réalisés au bilan avant intervention

Je me suis alors demandé si cette différence de performance était liée à la contrainte de temps. De même pour le MABC-2, est ce que le chronomètre impactait l'aptitude à réaliser les tâches.

La difficulté à gérer la contrainte de vitesse peut être liée au TDAH. En effet, on compte parmi les signes du TDAH, des problématiques vis à vis du domaine temporel (mauvaise estimation du temps qui passe, difficultés de gestion temporelle, aversion au délai qui crée de l'impulsivité, de l'agitation, etc.). Ainsi, une épreuve chronométrée chez les personnes avec un TDAH aura tendance à mettre en tension et créer de l'impulsivité, ce qui pourra alors pénaliser les performances. D'un autre côté, on pourrait également attribuer la potentielle instabilité face à la contrainte de temps, aux difficultés de régulation émotionnelle et à l'anxiété de performance présentes chez Sami. Ainsi, face à la contrainte de vitesse, il aurait tendance à se désorganiser et perdre ses moyens.

Étant donné que les objectifs de prise en charge comprenaient notamment la gestion émotionnelle en lien avec les signes d'anxiété, l'organisation/attitude face à un problème, et également le contrôle moteur (qui vise entre autre à diminuer l'impulsivité), j'ai souhaité administrer le MABC-2 en retest afin de voir si l'intervention avait impacté les scores.

Les résultats du retest mettent en évidence une amélioration des scores en dextérité manuelle pour les items *Retourner les chevilles* et *Faire un triangle avec écrous et boulons* (Tableau 7). On peut alors supposer que les performances aux tests ont bénéficié de l'entraînement de l'autorégulation émotionnelle et comportementale (gestion émotionnelle, contrôle moteur...) comme expliqué précédemment. Cette hypothèse est soutenue par les commentaires de Sami après avoir réalisé l'item des chevilles : « *je n'ai pas pensé au chrono, je me suis concentré sur ça* (il montre la planche avec les chevilles) *pour bien faire* ». Ceci met en exergue, une évolution dans le fonctionnement de Sami qui semble moins stressé, et peut donc plus aisément focaliser son attention sur les éléments pertinents de la tâche. Aussi, concernant l'item du Triangle, il peut dire que « *c'est compliqué* ». Mais on remarque qu'il s'organise mieux après l'entraînement et encore mieux au deuxième essai. Il y a donc une progression dans ses performances. Il ne s'agace pas face à la difficulté mais se saisit des essais pour apprendre. L'entraînement à la planification et l'organisation ont pu impacter cette épreuve.

On peut néanmoins souligner le fait que les scores à la dextérité manuelle (notamment pour le triangle) restent faibles. Ceci laisse sous-entendre qu'il n'y pas que les éléments cités plus haut qui interviennent, et semblent indiquer des fragilités en motricité fine. La présence de syncinésies bucco-faciales pendant la réalisation des tâches vient en outre appuyer cela.

>> Enfin, j'ai choisis de refaire passer la **Figure de Rey** car c'est un test qui permet d'observer différents éléments comme les capacités de planification, d'organisation, les compétences visuo-spaciales, le geste graphique mais aussi le fonctionnement et l'attitude du sujet (application à la tâche, précipitation, etc.).

Pour la copie, on peut voir que Sami procède de proche en proche en juxtaposant les détails. Sa posture est adaptée. Il est très rapide (*Tableau 7*), lève peu le stylo et trace en continu, ce qui entraîne un défaut de précision qui se répercute sur les scores. Pour cette épreuve, il ne semble pas très appliqué et à tendance à faire vite comme pour « se débarrasser », il est peu précis. Il est à noter que c'est la toute dernière épreuve proposée à Sami. La qualité est dans la norme presque faible (-0,8 DS) mais les scores auraient pu être meilleurs s'il avait pris plus de temps pour s'appliquer.

Pour la reproduction de mémoire, il est toujours très rapide (*Tableau 7*). Cette fois, il construit sa figure selon le Type 2, c'est à dire en commençant par un détail englobé dans l'armature générale. Sur les 3 bilans qu'il a passés, c'est la première fois qu'il s'organise de la sorte. Ceci semble indiquer qu'il a perçu la figure de façon plus globale. De plus, on note qu'il présente une amélioration des scores en reproduction de mémoire par rapport au bilan précédent. La vision plus globale de la figure lui a peut être permis d'obtenir de meilleurs résultats. Cela peut également suggérer qu'il a amélioré son attention, ce qui lui a permis de mieux mémoriser les informations.

3. Questionnaire BRIEF

Le questionnaire BRIEF (*Inventaire d'évaluation Comportementale des Fonctions Exécutives*) a été rempli par la maman à la fin du deuxième protocole. Ce dernier n'ayant pas été fait passé avant la prise en charge, j'y ai apporté quelques modifications afin de pouvoir procéder à une comparaison avant/après. Dans cette optique, j'ai ajouté une case

supplémentaire au questionnaire initial, permettant d'évaluer la présence des comportements avant la prise en charge. Ainsi, sur le même questionnaire, les parents devaient :

- d'une part, indiquer si leur enfant présentait le comportement cible **avant la prise en charge** en inscrivant la lettre J (pour jamais), P (pour parfois), S (pour souvent) dans la case rajoutée
- d'autre part, indiquer si leur enfant présentait le comportement cible **à l'heure actuelle** en entourant la lettre correspondante, J (pour jamais), P (pour parfois), S (pour souvent)

Aussi j'ai rajouté un encart « Remarques / Observations complémentaires » à la fin du questionnaire.

J'ai conscience qu'en appliquant ces modifications, la standardisation n'est pas respectée. Le fait que les parents savaient qu'on cherchait à évaluer l'évolution de Sami a également pu influencer les réponses. Par ailleurs, les réponses obtenues rétrospectivement sont peut être légèrement faussées par le fait que du temps se soit écoulé entre le moment d'observation du comportement et le moment de réponse. La comparaison aux normes n'a donc pas de valeurs scientifique et les résultats sont à interpréter en connaissance de cause.

Néanmoins, les éléments recueillis par le biais de ce questionnaire apportent tout de même des informations concernant l'évolution de Sami qui peuvent être intéressantes dans le cadre de sa prise en charge. Et ce, d'autant plus qu'il présente plus de troubles externalisés qui sont peu objectivables au bilan.

Indice	Avant intervention		Après intervention		
	Score brut	Score T	Score brut	Score T	
Inhibition	16	56	14	50	-6
Flexibilité	17	73	13	58	-15
Contrôle Émotionnel	25	81	18	61	-20
IRC	58	75	45	58	-17
Initiation	21	79	18	69	-10
Mémoire de travail	24	75	17	57	-18
Planification/organisation	22	58	20	54	-4
Organisation du matériel	18	71	17	68	-3
Contrôle	19	64	16	55	-9
IM	104	73	88	62	-11
CEG	162	77	133	62	-15

Tableau 9: Résultats au questionnaire BRIEF rempli par la maman. Comportements évalués rétrospectivement après intervention (à la fin du protocole 2)

Remarque : Lors d'une évaluation standardisée, les scores T supérieurs à 65 sont significatifs d'une difficulté.

Les résultats concernant les comportements de Sami avant l'intervention semblent indiquer des difficultés dans les fonctions exécutives qui interféraient avec les activités de la vie quotidienne dans les domaines suivants : **Flexibilité, Contrôle émotionnel, Initiation, Mémoire de travail**, et **Organisation du matériel** (Tableau 9).

Les résultats après intervention semblent montrer des difficultés restantes à la fin du protocole 2 concernant l'**Initiation** et l'**Organisation du matériel**. Les autres domaines précédemment impactés, quant à eux, présentent tous des scores T inférieures à 65. Aussi, on peut relever que l'**Initiation** et l'**Organisation du matériel** montrent néanmoins une amélioration : d'un score T à 79 on passe à 69 pour l'**Initiation** (soit -10points), et d'un score T à 71 on passe à 68 pour l'**Organisation du matériel** (soit -3 points).

D'autre part, on observe que l'Indice de régulation comportementale (IRC), l'Indice de Métacognition (IM), et le score Composite Exécutif Global (CEG) passent de scores T révélant des difficultés à des résultats inférieurs à 65.

Remarque : Il est à noter que les résultats obtenus aux échelles de négativité et d'incohérence permettent de valider les réponses au questionnaire dans les deux cas (avant et après intervention).

On ne peut pas parler de difficultés significatives en raison de la non standardisation de l'administration du questionnaire. En revanche, l'analyse de ce test montre que les parents ont perçu une évolution dans les comportements de Sami entre le moment avant la prise en charge et la fin du protocole 2. En effet, les scores de tous les domaines ont diminué, indiquant une réduction de l'apparition des comportements cibles dans la vie quotidienne de Sami.

Par ailleurs, on relève que les domaines qui ont le plus diminué sont le contrôle émotionnel, la mémoire de travail et la flexibilité. En outre, il est à noter que la mémoire de travail est en lien "direct" avec les capacités attentionnelles dans le questionnaire de la BRIEF. En effet, voici quelques exemples d'affirmations de la catégorie Mémoire de travail : *a une capacité d'attention réduite ; a des difficultés pour se concentrer sur les tâches quotidiennes, le travail scolaire, etc ; a du mal à finir ce qu'il a commencé.*

Ainsi, ces résultats semblent témoigner d'améliorations dans le milieu quotidien de Sami principalement au niveau de la régulation émotionnelle, de la flexibilité mentale ainsi que des capacités de concentration et de mémoire de travail. Cela semble alors suggérer que la prise en charge en psychomotricité avec utilisation du NFB (soit 2 protocoles) a entraîné les effets bénéfiques escomptés.

De plus, les commentaires de la maman inscrits dans l'encadré « Observations complémentaires » rejoignent les résultats : « *Depuis le début de la prise en charge, on sent Sami plus apaisé tant au niveau du comportement que sur les angoisses qu'il avait vis à vis du collègue* ». Par ce mot, la maman met l'accent sur les progrès dans la régulation émotionnelle et comportementale ainsi que par rapport aux signes anxieux. Ceci semble impacter positivement la vie quotidienne de Sami, qui présentait beaucoup d'inquiétudes face au collègue.

Par ailleurs, à la fin de la dernière séance, 10 minutes de débriefing ont été consacrées à échanger avec Sami sur ses ressentis. Il a ainsi pu nous confier qu'il se sent « *moins stressé* », que « *ça se passe mieux avec le collègue* », qu'il se met beaucoup moins la pression et qu'il relativise plus facilement. Il a pu nous dire par exemple « *j'ai moins peur de me faire punir* ». La diminution des tensions fait qu'il vit mieux son rapport au collègue, et que c'est plus reposant.

On peut recouper ces éléments avec son commentaire lors de l'épreuve des chevilles au MABC-2 : « *je n'ai pas pensé au chrono, je me suis concentré sur ça* (il montre la planche avec les chevilles) *pour bien faire* ». Ainsi, le fait de moins stresser lui permet de mieux utiliser ses capacités là où c'est pertinent, et ça le fatigue moins.

En outre, les domaines restants les plus élevés sont l'Initiation et l'Organisation du matériel. Il serait alors pertinent d'intégrer ces éléments dans la poursuite de la prise en charge.

DISCUSSION

La prise en charge avait pour objectifs :

- améliorer les capacités attentionnelles et les fonctions exécutives (et ainsi diminuer la fatigabilité)
- augmenter l'autorégulation émotionnelle et comportementale (diminuer l'hyperactivité cognitive et motrice et les signes anxieux)
- et comme sous-objectifs transversaux : améliorer les fragilités visuo-spatiales, la motricité manuelle et le graphisme

L'évaluation intermédiaire réalisée à la fin du deuxième protocole semble montrer une amélioration dans presque tous les domaines.

Il est à préciser que le fait que le TDAH de Sami soit « compensé », par ses bonnes capacités cognitives notamment, rend les scores paracliniques plutôt silencieux. Par conséquent, notre analyse s'appuie principalement sur l'observation de l'évolution comportementale de Sami ainsi que sur les éléments rapportés par les parents vis à vis du quotidien de Sami. Les quelques tests psychomoteurs administrés nous apportent également des informations quant à son évolution.

Ainsi, la principale amélioration relevée concerne la régulation émotionnelle et la diminution des signes anxieux. En effet, l'intervention psychomotrice semble avoir permis à Sami de mieux gérer ses émotions, les signes d'anxiété sont moins présents, Sami apparaît et dit se sentir plus apaisé. D'autre part, l'interprétation des résultats de la BRIEF montre une évolution positive perçue par les parents au niveau de l'attention et des fonctions exécutives, ce qu'on retrouve également en séance. Sur le plan moteur, l'agitation est toujours présente. Mais on peut toutefois relever une amélioration chez Sami, qui tient plus longtemps sur les activités sans avoir besoin de bouger, qui semble plus patient durant l'installation du matériel, que la maman décrit comme étant « *plus apaisé au niveau du comportement* ».

Par ailleurs, des gains aux épreuves de motricité manuelle du MABC-2 sont observés et un type de construction de la Figure de Rey plus efficace semble avoir été adopté. Le graphisme, quant à lui, n'a pas été ré-évalué.

Concernant les tests paracliniques, on peut relever un certain nombre d'éléments qui méritent réflexion.

>> L'utilisation du D2 pour évaluer les capacités attentionnelles présente quelques limites. En effet, pour un jeune de 12–13ans la comparaison aux normes se fait avec la tranche d'âge « inférieure à 25 ». Il n'y a pas de catégorie intermédiaire, ce qui d'une part, rend difficile l'appréciation de l'évolution sur un temps si court (6mois entre les deux bilans). Et d'autre part, on peut remettre en question la précision de l'évaluation vis à vis de la comparaison des performances entre des enfants, des ados et des jeunes adultes jusqu'à 25ans.

En outre, si on considère les résultats du tout premier bilan psychomoteur (*Tableau 2*), un D2R avait été passé et les notes standard ne révélaient pas de grosses difficultés (Pourcentage d'erreurs : NS = 112 ; Rythme de traitement : NS = 96 ; Concentration : NS = 100). Le fait que le TDAH soit en partie « compensé » peut expliquer ces scores et également la variabilité des performances d'un test à l'autre. Selon les dispositions dans lesquelles Sami passe les bilans, sa capacité à compenser ses difficultés peut varier (influencée par son état de fatigue, ses préoccupations, son humeur, les bruits extérieurs, l'environnement, les conditions de passation, etc. et également son niveau d'anxiété). De plus, le D2 et le D2R sont des tests plutôt courts (4min30) pendant lesquels Sami peut potentiellement masquer ses difficultés. Il aurait été intéressant de faire passer un T2B qui permet d'évaluer l'attention soutenue afin d'observer la capacité de Sami à maintenir sa concentration sur un temps plus long. D'autant plus qu'à plusieurs reprises, il démontre de la fatigabilité. Le T2B nous aurait alors permis de voir si la compensation des troubles tient sur le long terme. De fait, ce test aurait peut-être été plus représentatif des situations où Sami peut se montrer en difficulté dans son quotidien et notamment au collège. On aurait ainsi pu mieux se rendre compte de ses réelles difficultés. En parallèle, cela aurait également aidé à mieux apprécier l'évolution en pré/post-test.

>> L'analyse des résultats obtenus au MABC-2 avant/après intervention m'a laissé suggérer un potentiel impact de l'amélioration de la gestion émotionnelle et du contrôle moteur sur les scores. Néanmoins, il est important de préciser que deux activités faisant intervenir la dextérité manuelle ont été intégrées dans la prise en charge (*Totem zen* et *Doigts malins*). Elles ont donc pu participer à l'amélioration des performances en motricité

fine. Cependant, deux activités sur seulement deux séances ont été proposées, ce qui peut paraître faible pour améliorer les compétences motrices. Aussi, ces deux jeux étaient abordés sous forme de duel et de challenge de vitesse. Pendant ceux-ci, on a donc pu travailler les aspects de régulation émotionnelle, de gestion de la pression et de contrôle moteur (lâcher prise face à la vitesse, se concentrer sur la tâche plutôt que sur l'autre, etc.). On peut alors supposer que la prise en charge dans son ensemble a impacté les résultats obtenus au MABC-2.

Comme souligné précédemment, il apparaît toutefois important de poursuivre le travail de motricité fine avec Sami car l'aspect émotionnel ne suffit pas à expliquer les difficultés. Il semble alors qu'il présente des fragilités d'ordre motrices.

De surcroît, dans le but d'apprécier la progression relative à la contrainte de temps, il aurait également été intéressant de refaire passer la PVM de la Nepsy-2.

De même, reposer un BHK, aurait permis de questionner un potentiel impact de la prise en charge sur l'écriture, possiblement en lien avec la gestion de la contrainte de vitesse, la dextérité manuelle, mais également avec la diminution de l'hyperactivité cognitive (au regard des explications de la psychologue indiquant que la main a des difficultés à suivre le rythme des pensées). De plus, on peut remarquer que les scores au BHK du premier bilan psychomoteur ne révèlent pas de difficultés. Il serait alors intéressant d'investiguer ce domaine.

Par ailleurs, l'analyse des comportements de Sami aurait bénéficié de l'administration des Laby 5-12 afin d'évaluer notamment l'aversion au délai, ainsi que d'une épreuve d'estimation du temps.

>> Le fait que la Figure de Rey ait été administrée en fin de séance de NFB a peut être encouragé les comportements de précipitation et la non implication de Sami dans l'épreuve. En effet, si on replace le contexte (car il est important de prendre en compte la vision holistique du patient), le test s'est déroulé un vendredi en fin d'après-midi, dernier jours de cours avant les vacances scolaires, et Sami a fait au total 33minutes d'entraînement en NFB sur la séance (contre 21 à 25 minutes en général). Il est donc possible que de la fatigabilité et une légère impatience soient venues interférer dans les productions de Sami. Les performances apparaissent alors délicates à analyser.

On peut supposer que la réduction de la vitesse de réalisation peut expliquer la différence

de qualité de la copie entre le pré (+0,1 DS ; temps 50e RP) et le post-test (-0,8 DS, temps 10e RP). Bien que légèrement faible, ses résultats restent dans la norme attendue.

D'autre part, l'évolution positive des scores obtenus à la reproduction de mémoire peut être nuancée. En effet, l'écart temporel entre les deux bilans avant/après rééducation est très court, Sami pouvait donc se souvenir de l'épreuve. Il a par ailleurs précisé « *c'est le dessin qu'il faut mémoriser* ». Ainsi, le fait de savoir qu'il fallait mémoriser la figure a sûrement incité Sami à faire un effort de mémorisation pendant la copie et de ce fait biaisé les scores. En outre, les scores en reproduction de mémoire, tout juste dans la norme (0 DS) peuvent apparaître faibles étant donné qu'il savait qu'il devait s'en souvenir.

Aussi, si on considère le tout premier bilan psychomoteur passé, les résultats à la Figure de Rey (en copie comme en mémoire) étaient conformes aux attentes. Ceci met une fois encore en avant la variabilité des performances de Sami, et peut indiquer que le défaut de mémorisation relevé lors du bilan avant intervention provient d'un élément sous-jacent (inattention, anxiété, manque d'implication dans la tâche, fatigue, mauvaise organisation, ou événement extérieur, etc.). La mauvaise organisation dans la construction de sa figure semble être un élément de justification plausible vu qu'il procède selon un Type 5, à savoir détails sur fond confus. Les autres fois, il utilise toujours un Type 4 (juxtaposition de détails de proche en proche) à l'exception de la reproduction de mémoire lors du bilan retest au cours de laquelle il emploie un Type 2 (commence par un détail englobé dans l'armature générale de la figure). Ceci laisse potentiellement entrevoir un progrès dans la perception globale du dessin.

>> Concernant la passation de la BRIEF, il est important de rappeler que le questionnaire n'a pas bénéficié d'une standardisation et que les interprétations sont à nuancer en fonction. En effet, le fait de répondre aux questions avant/après au même moment a pu influencer les réponses de façon à faire ressortir une amélioration. Aussi, le temps écoulé entre la période avant prise en charge et le remplissage du questionnaire représente également un biais. Ainsi, en prenant en compte l'aspect non standardisé de l'administration du questionnaire, il est difficile d'interpréter les résultats vis à vis de la norme. En revanche, l'évolution dans les scores démontre qu'une amélioration des comportements de Sami a été perçue de la part des parents. Ce qui en soit constitue un point positif. D'autre part, cela indique des effets bénéfiques perçus dans le quotidien de Sami, sous-entendu il y a eu généralisation et transfert des acquis.

Il serait aussi intéressant de connaître les retours de la part des professeurs afin de savoir ce qu'il en est sur le plan scolaire.

Par ailleurs, le fait d'administrer les tests pendant une séance de NFB peut également être discuté. Parmi les inconvénients, on retrouve :

- Le fait de maintenir la concentration pendant l'entraînement peut créer une fatigue qui se répercute sur les scores. Sami peut ainsi être désavantagé dans la comparaison des scores obtenus par les jeunes de son âge (qui eux ont seulement passés les tests).
- D'autant plus que si on analyse la séance de NFB, on s'aperçoit que les seuils de récompense des thêta/alpha ont été réajusté de façon à faciliter l'apprentissage avant même l'introduction des tâches. Ceci souligne le fait que l'effort semblait déjà coûteux avant de réaliser les épreuves du bilan.
- D'autre part, le fait d'introduire les tests a fait augmenter le temps de travail effectif en NFB (soit 33 minutes contre 21 à 25 minutes généralement). Et, le nombre d'épreuves administrées représente beaucoup de tâches pour une seule séance.

Les avantages en revanche regroupent :

- Les activités proposées rentrent dans le cadre du travail pour favoriser la généralisation.
- De plus, les scores du NFB peuvent constituer une analyse supplémentaire au bilan
 - On observe par exemple que l'amplitude des thêta/alpha augmente lors du D2 mettant en avant l'aspect rébarbatif et coûteux de ce test.
 - Les scores des SMR quant à eux, indiquent un bon niveau de contrôle moteur.
- Enfin, la fatigue liée à l'entraînement permet de simuler les conditions réelles dans lesquelles les difficultés de Sami s'expriment. Ceci favorise l'appréciation au plus près de son quotidien lorsqu'il doit tenir toute une journée de cours en restant concentré. On peut ainsi mieux se rendre compte de ses difficultés, d'autant plus qu'il a tendance à compenser en situation de bilan.

Il est à noter également que le retest s'est fait en milieu d'intervention et constitue en ce sens un bilan intermédiaire d'évolution. Le programme NFB de Sami comporte initialement

trois protocoles, le dernier consistant à consolider les acquis et poursuivre leurs généralisation et transfert. Il serait alors pertinent d'analyser les résultats à la fin de la prise en charge.

CONCLUSION GENERALE

L'objectif de ce mémoire était d'étudier l'intérêt et l'efficacité du NFB dans la prise en charge psychomotrice du TDAH.

L'étude des données de la littérature scientifique semble indiquer une diminution des symptômes perçus par l'entourage après un entraînement en NFB. Et ceci d'autant plus pour les symptômes d'inattention (Riesco Matias & al., 2021). Aussi, étant donné l'aspect potentiellement durable des modifications cérébrales engendrées par le NFB, celui-ci pourrait constituer une alternative au traitement pharmacologique. Néanmoins, les résultats des études sur le sujet sont hétérogènes et les conclusions restent incertaines (Riesco Matias & al., 2021 ; Monastra & al., 2002 ; Van Doren & al., 2018). Enfin, de plus amples recherches sont également nécessaires afin d'approfondir les connaissances sur le potentiel effet à long terme d'un entraînement en NFB. Par ailleurs, l'efficacité de l'intervention peut dépendre de plusieurs variables comme le matériel utilisé, le type de protocole employé, le mode d'approche pratique (basée sur la littérature ou sur l'EEG-Q), la façon dont la prise en charge est menée, etc.

Lors de notre expérimentation pratique, nous avons pu observer que l'utilisation de cette technique apportait des bénéfices à différents niveaux.

Dans un premier temps, l'EEG-Q constitue une source supplémentaire d'informations à confronter avec les différents éléments issus des bilans et entretiens réalisés. En effet, l'évaluation neurophysiologique apporte des renseignements complémentaires qui vont permettre d'affiner la compréhension du fonctionnement cognitif de notre patient. Dans le cas du TDAH, cela permet notamment de préciser le type de profil neurophysiologique au regard de ceux qui ont été décrits dans la littérature scientifique. L'EEG-Q aide ainsi à préciser le projet thérapeutique, à cibler l'intervention et hiérarchiser les axes de prise en charge psychomoteurs. De cette façon, la rééducation est ajustée au fonctionnement singulier du patient et permet de répondre au mieux à ses besoins spécifiques.

Dans le cas de Sami par exemple, l'EEG-Q initial a mis en avant une hyperactivité cognitive prépondérante en région frontale. Celle-ci concordait avec les signes anxieux relevés et suggérait un profil neurocognitif du TDAH comportant majoritairement des hauts bêta. Cette analyse nous a alors permis d'orienter la prise en charge en priorité sur la régulation émotionnelle et comportementale ainsi que sur la diminution de l'anxiété.

D'autre part, les évaluations neurophysiologiques réalisées tout au long de la prise en charge permettent d'apprécier l'évolution du patient, et de ce fait de mettre à jour les objectifs de rééducation. En parallèle, elles peuvent servir de repères pour évaluer l'efficacité des interventions.

Dans un second temps, l'entraînement en NFB vise à faire prendre conscience au sujet qu'il peut exercer un contrôle volontaire sur ses états mentaux. En ce sens, le NFB constitue un outil sur lequel le psychomotricien s'appuie pour aider son patient dans l'apprentissage de l'autorégulation. Par ce biais, l'individu va pouvoir comprendre son propre fonctionnement, connaître ses comportements et états mentaux, et apprendre à agir dessus, à les modifier quand c'est nécessaire en fonction de ses objectifs personnels et des attentes du milieu extérieur. C'est cette spécificité qui permet une bonne généralisation et un bon transfert des compétences acquises en séance.

Par rapport à une rééducation psychomotrice classique, c'est le fait d'avoir un feedback sur le fonctionnement cérébral du patient qui permet l'association entre comportements et états mentaux, et conduit à l'apprentissage du contrôle conscient de son activité cérébrale. Le rôle du psychomotricien consiste alors à guider le patient dans cet apprentissage, à favoriser l'émergence des capacités lors de mises en situations réelles, et à promouvoir la généralisation et le transfert des acquis.

Aussi, la répétition et l'intensité des entraînements ainsi que la diversification des tâches proposées va encourager l'automatisation des apprentissages qui va se répercuter au niveau cérébral. En effet, le principe de NFB repose en partie sur la plasticité cérébrale, ou la capacité du cerveau à se modifier en fonction des stimuli environnementaux et des expériences. Dans ce contexte, l'entraînement vise la survenue de modifications cérébrales plus ou moins permanentes, telles que la création de nouvelles connexions synaptiques, le remodelage et le renforcement de réseaux neuronaux déjà en place. Ceci dans l'optique de maintenir les apprentissages sur le plus long terme.

Dans notre étude de cas, nous avons utilisée l'approche basée sur l'EEG-Q afin de s'adapter spécifiquement au fonctionnement du patient. Ainsi, les 2 protocoles de NFB (sur les 3 initialement prévus) suivis par Sami semblent avoir entraîné de nettes améliorations dans tous les domaines visés par la prise en charge. Ceci vient valider notre hypothèse de départ. En effet, le bilan d'évolution ainsi que les observations cliniques et les éléments rapportés vis à vis du quotidien montrent une diminution des symptômes (hyperactivité cognitive et motrice, signes anxieux, impulsivité,...) ainsi qu'une amélioration des capacités (attention, fonctions exécutives, gestion émotionnelle, contrôle moteur,...). Ces éléments témoignent que l'utilisation du NFB peut apporter des bénéfices à une prise en charge psychomotrice dans le cadre du TDAH.

Il est néanmoins à préciser que cette technique présente des inconvénients. Une des principales limites concerne l'aspect financier. En effet, le coût de la séance est supérieure en comparaison avec une rééducation psychomotrice classique. Cette augmentation s'explique dans un premier temps, par la durée de séance qui est plus longue (minimum 1h) et dans un second temps, par l'amortissement de l'achat du matériel utilisé (matériel qui est onéreux). Ainsi, le NFB peut représenter un coût important pour les familles, ce qui limite son utilisation et le rend difficilement accessible à tous les patients. Par ailleurs, cette technique nécessite la réalisation d'une formation de la part du professionnel (formation qui a également un coût).

En conclusion, le NFB apparaît comme un outil prometteur dont on a encore beaucoup à apprendre. Il reste à l'heure actuelle peu connu et peu développé. En cela, son utilisation par les professionnels, et notamment par les psychomotriciens, n'est pas fréquente. Le coût de la technique constitue également un frein à son application. Et pourtant, les études relatives à l'utilisation du NFB dans cadre du TDAH semblent montrer des effets bénéfiques sur la symptomatologie, en particulier pour les symptômes d'inattention. D'autre part, les modifications cérébrales engendrées par l'intensité de l'entraînement impliqueraient une potentielle pérennisation des apprentissages dans le temps. La question de l'utilisation du NFB comme alternative au traitement médicamenteux du TDAH reste néanmoins en débat. Ainsi, de plus amples études sont nécessaires pour explorer les réelles possibilités de la technique et approfondir nos connaissances sur son utilisation.

BIBLIOGRAPHIE

Albaret, J. M., Marquet-Doléac, J., & Soppelsa, R. (2011). Psychomotricité et Trouble Déficit de l'Attention/Hyperactivité: Nouvelles perspectives dans l'approche de l'enfant agité et distrait. *Developpements*, (3), 9-16.

American Psychiatric Association, D. S., & American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-5* (Vol. 5). Washington, DC: American psychiatric association.

Arns, M., De Ridder, S., Strehl, U., Breteler, M., & Coenen, A. (2009). Efficacy of neurofeedback treatment in ADHD: the effects on inattention, impulsivity and hyperactivity: a meta-analysis. *Clinical EEG and neuroscience*, 40(3), 180-189.

Arns, M., Heinrich, H., & Strehl, U. (2014). Evaluation of neurofeedback in ADHD: the long and winding road. *Biological psychology*, 95, 108-115.

Arns, M., Heinrich, H., Ros, T., Rothenberger, A., & Strehl, U. (2015). Neurofeedback in ADHD. *Frontiers in human neuroscience*, 9, 602.

Barry, R. J., Clarke, A. R., & Johnstone, S. J. (2003). A review of electrophysiology in attention-deficit/hyperactivity disorder: I. Qualitative and quantitative electroencephalography. *Clinical neurophysiology*, 114(2), 171-183

Becker, S. P., Froehlich, T. E., & Epstein, J. N. (2016). Effects of methylphenidate on sleep functioning in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal of developmental and behavioral pediatrics: JDBP*, 37(5), 395.

Biederman, J. (2005). Attention-deficit/hyperactivity disorder: a selective overview. *Biological psychiatry*, 57(11), 1215-1220.

Chabot, R. J., di Michele, F., & Prichep, L. (2005). The role of quantitative electroencephalography in child and adolescent psychiatric disorders. *Child and Adolescent Psychiatric Clinics*, 14(1), 21-53

Cooper, W. O., Habel, L. A., Sox, C. M., Chan, K. A., Arbogast, P. G., Cheetham, T. C., ... & Ray, W. A. (2011). ADHD drugs and serious cardiovascular events in children and young adults. *New England Journal of Medicine*, 365(20), 1896-1904.

Cortese, S., Ferrin, M., Brandeis, D., Holtmann, M., Aggensteiner, P., Daley, D., ... & Zuddas, A. (2016). Neurofeedback for attention-deficit/hyperactivity disorder: meta-analysis of clinical and neuropsychological outcomes from randomized controlled trials. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 55(6), 444-455.

Cortese, S., Holtmann, M., Banaschewski, T., Buitelaar, J., Coghill, D., Danckaerts, M., ... & European ADHD Guidelines Group. (2013). Practitioner review: current best practice in the management of adverse events during treatment with ADHD medications in children and adolescents. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 54(3), 227-246.

Durup, G., & Fessard, A. (1935). I. L'électrencéphalogramme de l'homme. Observations psychophysologiques relatives à l'action des stimuli visuels et auditifs. *L'année psychologique*, 36(1), 1-32.

Enriquez-Geppert, S., Smit, D., Pimenta, M. G., & Arns, M. (2019). Neurofeedback as a treatment

intervention in ADHD: current evidence and practice. *Current psychiatry reports*, 21(6), 1-7.

Faraone, S. V., Biederman, J., & Mick, E. (2006). The age-dependent decline of attention deficit hyperactivity disorder: a meta-analysis of follow-up studies. *Psychological medicine*, 36(2), 159-165.

Fuchs, T., Birbaumer, N., Lutzenberger, W., Gruzelier, J. H., & Kaiser, J. (2003). Neurofeedback treatment for attention-deficit/hyperactivity disorder in children: a comparison with methylphenidate. *Applied psychophysiology and biofeedback*, 28(1), 1-12.

Gevensleben, H., Holl, B., Albrecht, B., Schlamp, D., Kratz, O., Studer, P., ... & Heinrich, H. (2009). Distinct EEG effects related to neurofeedback training in children with ADHD: a randomized controlled trial. *International journal of psychophysiology*, 74(2), 149-157.

Gevensleben, H., Holl, B., Albrecht, B., Vogel, C., Schlamp, D., Kratz, O., ... & Heinrich, H. (2009). Is neurofeedback an efficacious treatment for ADHD? A randomised controlled clinical trial. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 50(7), 780-789.

Gizer, I. R., Ficks, C., & Waldman, I. D. (2009). Candidate gene studies of ADHD: a meta-analytic review. *Human genetics*, 126(1), 51-90.

Goode, A. P., Coeytaux, R. R., Maslow, G. R., Davis, N., Hill, S., Namdari, B., ... & Kemper, A. R. (2018). Nonpharmacologic treatments for attention-deficit/hyperactivity disorder: A systematic review. *Pediatrics*, 141(6).

Graham, J., Banaschewski, T., Buitelaar, J., Coghill, D., Danckaerts, M., Dittmann, R. W., ... & Taylor, E. (2011). European guidelines on managing adverse effects of medication for ADHD. *European child & adolescent psychiatry*, 20(1), 17-37.

Hammond, D. C. (2007). What is neurofeedback?. *Journal of neurotherapy*, 10(4), 25-36.

Heinrich, H., Gevensleben, H., & Strehl, U. (2007). Annotation: Neurofeedback—train your brain to train behaviour. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 48(1), 3-16.

Hodgson, K., Hutchinson, A. D., & Denson, L. (2014). Nonpharmacological treatments for ADHD: a meta-analytic review. *Journal of attention disorders*, 18(4), 275-282.

Holtmann, M., Sonuga-Barke, E., Cortese, S., & Brandeis, D. (2014). Neurofeedback for ADHD: a review of current evidence. *Child and Adolescent Psychiatric Clinics*, 23(4), 789-806.

Jasper, H., & Shagass, C. (1941). Conditioning of the occipital alpha rhythm in man. *Journal of Experimental Psychology*, 28(5), 373.

Johnstone, J., Gunkelman, J., & Lunt, J. (2005). Clinical database development: Characterization of EEG phenotypes. *Clinical EEG and Neuroscience*, 36(2), 99-107.

Kaiser, D. A., & Othmer, S. (2000). Effect of neurofeedback on variables of attention in a large multi-center trial. *Journal of neurotherapy*, 4(1), 5-15.

Knott, J. R., & Henry, C. E. (1941). The conditioning of the blocking of the alpha rhythm of the human electroencephalogram. *Journal of Experimental Psychology*, 28(2), 134.

Leins, U., Goth, G., Hinterberger, T., Klinger, C., Rumpf, N., & Strehl, U. (2007). Neurofeedback for children with ADHD: a comparison of SCP and Theta/Beta protocols. *Applied psychophysiology and biofeedback*, 32(2), 73-88.

- Loo, S. K., McGough, J. J., McCracken, J. T., & Smalley, S. L. (2018). Parsing heterogeneity in attention-deficit hyperactivity disorder using EEG-based subgroups. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 59(3), 223-231.
- Loomis, A. L., Harvey, E. N., & Hobart, G. (1936). Electrical potentials of the human brain. *Journal of experimental Psychology*, 19(3), 249.
- Lubar, J. F., & Shouse, M. N. (1976). EEG and behavioral changes in a hyperkinetic child concurrent with training of the sensorimotor rhythm (SMR). *Biofeedback and Self-regulation*, 1(3), 293-306.
- Lubar, J. F., Swartwood, M. O., Swartwood, J. N., & O'Donnell, P. H. (1995). Evaluation of the effectiveness of EEG neurofeedback training for ADHD in a clinical setting as measured by changes in TOVA scores, behavioral ratings, and WISC-R performance. *Biofeedback and Self-regulation*, 20(1), 83-99.
- Meisel, V., Servera, M., Garcia-Banda, G., Cardo, E., & Moreno, I. (2014). Reprint of "Neurofeedback and standard pharmacological intervention in ADHD: a randomized controlled trial with six-month follow-up". *Biological psychology*, 95, 116-125.
- Micoulaud-Franchi, J. A., Bat-Pitault, F., Cermolacce, M., & Vion-Dury, J. (2011, April). Neurofeedback dans le trouble déficit de l'attention avec hyperactivité: de l'efficacité à la spécificité de l'effet neurophysiologique. In *Annales Médico-psychologiques, revue psychiatrique* (Vol. 169, No. 3, pp. 200-208). Elsevier Masson.
- Micoulaud-Franchi, J. A., Geoffroy, P. A., Fond, G., Lopez, R., Bioulac, S., & Philip, P. (2014). EEG neurofeedback treatments in children with ADHD: an updated meta-analysis of randomized controlled trials. *Frontiers in human neuroscience*, 8, 906.
- Micoulaud-Franchi, J. A., Lopez, R., Bioulac, S., Da Fonseca, D., & Philip, P. (2015). Le neurofeedback dans le trouble déficit de l'attention/hyperactivité de l'enfant est-il efficace? Depuis les études rigoureuses jusqu'aux bonnes pratiques cliniques. *Neuropsychiatrie de l'Enfance et de l'Adolescence*, 63(7), 463-467.
- Minder, F., Zuberer, A., Brandeis, D., & Drechsler, R. (2018). Informant-related effects of neurofeedback and cognitive training in children with ADHD including a waiting control phase: a randomized-controlled trial. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 27(8), 1055-1066.
- Molina, B. S., Hinshaw, S. P., Swanson, J. M., Arnold, L. E., Vitiello, B., Jensen, P. S., ... & MTA Cooperative Group. (2009). The MTA at 8 years: prospective follow-up of children treated for combined-type ADHD in a multisite study. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 48(5), 484-500.
- Monastra, V. J. (2005). Electroencephalographic biofeedback (neurotherapy) as a treatment for attention deficit hyperactivity disorder: rationale and empirical foundation. *Child and Adolescent Psychiatric Clinics*, 14(1), 55-82.
- Monastra, V. J., Monastra, D. M., & George, S. (2002). The effects of stimulant therapy, EEG biofeedback, and parenting style on the primary symptoms of attention-deficit/hyperactivity disorder. *Applied psychophysiology and biofeedback*, 27(4), 231-249.
- Moss, D., & Gunkelman, J. (2002). Task force report on methodology and empirically supported treatments: Introduction. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 27(4), 271-272.

- Niedermeyer, E., & da Silva, F. L. (Eds.). (2005). *Electroencephalography: basic principles, clinical applications, and related fields*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Park, J. L., Hudec, K. L., & Johnston, C. (2017). Parental ADHD symptoms and parenting behaviors: A meta-analytic review. *Clinical psychology review, 56*, 25-39.
- Park, S., Cho, S. C., Kim, J. W., Shin, M. S., Yoo, H. J., Oh, S. M., ... & Kim, B. N. (2014). Differential perinatal risk factors in children with attention-deficit/hyperactivity disorder by subtype. *Psychiatry research, 219*(3), 609-616.
- Purper-Ouakil, D., Wohl, M., Cortese, S., Michel, G., & Mouren, M. C. (2006, February). Le trouble déficitaire de l'attention–hyperactivité (TDAH) de l'enfant et de l'adolescent. In *Annales Médico-psychologiques, revue psychiatrique* (Vol. 164, No. 1, pp. 63-72). Elsevier Masson.
- Rémond, A., & Rémond, A. (1994). *Biofeedback: principes et applications*. Masson.
- Riddle, M. A., Yershova, K., Lazzaretto, D., Paykina, N., Yenokyan, G., Greenhill, L., ... & Posner, K. (2013). The preschool attention-deficit/hyperactivity disorder treatment study (PATS) 6-year follow-up. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry, 52*(3), 264-278.
- Riesco-Matías, P., Yela-Bernabé, J. R., Crego, A., & Sánchez-Zaballos, E. (2021). What do meta-analyses have to say about the efficacy of neurofeedback applied to children with ADHD? Review of previous meta-analyses and a new meta-analysis. *Journal of attention disorders, 25*(4), 473-485.
- Rossiter, T. (2004). The effectiveness of neurofeedback and stimulant drugs in treating AD/HD: Part II. Replication. *Applied psychophysiology and biofeedback, 29*(4), 233-243.
- Sciberras, E., Mulraney, M., Silva, D., & Coghill, D. (2017). Prenatal risk factors and the etiology of ADHD—review of existing evidence. *Current psychiatry reports, 19*(1), 1-8.
- Sharma, A., & Couture, J. (2014). A review of the pathophysiology, etiology, and treatment of attention-deficit hyperactivity disorder (ADHD). *Annals of Pharmacotherapy, 48*(2), 209-225.
- Sonuga-Barke, E. J., Brandeis, D., Cortese, S., Daley, D., Ferrin, M., Holtmann, M., ... & European ADHD Guidelines Group. (2013). Nonpharmacological interventions for ADHD: systematic review and meta-analyses of randomized controlled trials of dietary and psychological treatments. *American Journal of Psychiatry, 170*(3), 275-289.
- Sterman, M. B. (2000). EEG markers for attention deficit disorder: Pharmacological and neurofeedback applications. *Child Study Journal, 30*(1), 1-1.
- Storebø, O. J., Ramstad, E., Krogh, H. B., Nilausen, T. D., Skoog, M., Holmskov, M., ... & Gluud, C. (2015). Methylphenidate for children and adolescents with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD). *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (11).
- Storebø, O. J., Krogh, H. B., Ramstad, E., Moreira-Maia, C. R., Holmskov, M., Skoog, M., ... & Gluud, C. (2015). Methylphenidate for attention-deficit/hyperactivity disorder in children and adolescents: Cochrane systematic review with meta-analyses and trial sequential analyses of randomised clinical trials. *Bmj, 351*.
- Suffin, S. C., & Emory, W. H. (1995). Neurometric subgroups in attentional and affective disorders and their association with pharmacotherapeutic outcome. *Clinical Electroencephalography, 26*(2), 76-83.

- Tye, C., Rijdsdijk, F., & McLoughlin, G. (2014). Genetic overlap between ADHD symptoms and EEG theta power. *Brain and Cognition*, *87*, 168-172
- Van Doren, J., Arns, M., Heinrich, H., Vollebregt, M. A., Strehl, U., & K Loo, S. (2019). Sustained effects of neurofeedback in ADHD: a systematic review and meta-analysis. *European child & adolescent psychiatry*, *28*(3), 293-305.
- Vaque, T. J. L., Hammond, D. C., Trudeau, D., Monastra, V., Perry, J., Lehrer, P., ... & Sherman, R. (2002). Template for developing guidelines for the evaluation of the clinical efficacy of psychophysiological interventions. *Journal of Neurotherapy*, *6*(4), 11-23.
- Vidal, C. (2012). La plasticité cérébrale: une révolution en neurobiologie. *Spirale*, (3), 17-22.
- Wang, G. J., Volkow, N. D., Wigal, T., Kollins, S. H., Newcorn, J. H., Telang, F., ... & Swanson, J. M. (2013). Long-term stimulant treatment affects brain dopamine transporter level in patients with attention deficit hyperactive disorder. *PloS one*, *8*(5), e63023.
- Yolton, K., Cornelius, M., Ornoy, A., McGough, J., Makris, S., & Schantz, S. (2014). Exposure to neurotoxicants and the development of attention deficit hyperactivity disorder and its related behaviors in childhood. *Neurotoxicology and teratology*, *44*, 30-45.

>> Résumé :

Le trouble déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDAH) « constitue l'un des troubles psychomoteurs les plus répandus chez l'enfant » (Albaret, Marquet-Doléac & Soppelsa, 2011). Trouver une prise en charge adaptée à cette population représente de fait une réelle nécessité. Devant ce constat, les recherches concernant l'efficacité du Neurofeedback (NFB) dans la réduction des symptômes du TDAH se sont multipliées. Notre étude de la littérature scientifique sur le sujet nous a amené à la conclusion qu'il existe un effet bénéfique d'un entraînement en NFB sur la symptomatologie du TDAH, en particulier pour les symptômes d'inattention. La comparaison avec le traitement pharmacologique et la question de l'efficacité à long terme restent à ce jour débattues et soulignent la nécessité d'effectuer d'avantage d'études sur le sujet. En outre, l'expérimentation pratique auprès d'un jeune adolescent présentant un TDAH a mis en évidence plusieurs points positifs dans l'utilisation du NFB. Parmi ceux-ci on retient, l'utilité de la rétroaction dans l'apprentissage du contrôle volontaire de ses états mentaux, l'aspect motivationnel de l'outil qui a permis l'implication du patient, et les résultats obtenus au bilan d'évolution. En effet, l'intervention a permis l'amélioration de tous les domaines visés : l'autorégulation émotionnelle et comportementale, les capacités attentionnelles et les fonctions exécutives.

Mots clés : TDAH, Neurofeedback, Biofeedback EEG, Psychomotricien

>> Abstract :

Attention deficit/hyperactivity disorder (ADHD) “constitutes one of the most frequent psychomotor disorders in childhood” (Albaret, Marquet-Doléac & Soppelsa, 2011). Therefore, finding adapted interventions for this population is a real necessity. Faced with this observation, research about Neurofeedback (NFB) efficiency in reducing symptoms of ADHD have increased. Studying the scientific literature led us to conclude that NFB have a beneficial effect on ADHD's symptomatology, in particular for inattention symptoms. Medication comparison and long-term efficacy still remain debated and underline the need for more studies. In addition, presentation of the NFB reeducation of a young adolescent with ADHD highlighted several positive points about using NFB in psychomotor rehabilitation. Among these we note: learning how to voluntary control our mental states thanks to feedbacks, the motivational aspect that allows patient's involvement, and results obtained after Retest. Indeed, the intervention led to an improvement of all targeted domains : emotional and behavioral self-regulation, attentional abilities and executive functions.

Key words : ADHD, Neurofeedback, EEG Biofeedback, Occupational therapist