

DEPARTEMENT ORTHOPHONIE
FACULTE DE MEDECINE
Pôle Formation
59045 LILLE CEDEX
Tél : 03 20 62 76 18
departement-orthophonie@univ-lille.fr



 Université
de Lille



MEMOIRE

En vue de l'obtention du
Certificat de Capacité d'Orthophoniste
présenté par

Eleanor HAIGH

qui sera soutenu publiquement en juin 2022

Anxiété mathématique

**Impact du biofeedback couplé à des exercices de cohérence
cardiaque sur la diminution de l'anxiété mathématique chez
l'enfant scolarisé en classe de CE2**

MÉMOIRE dirigé par

Sandrine Mejias

Maître de conférence à l'Université de Lille

Lille – 2022

Remerciements

Je voudrais dans un premier temps remercier ma directrice de mémoire Mme Mejjias, maître de conférences à l'université de Lille, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses conseils, qui ont contribué à m'orienter, m'aider et à alimenter ma réflexion.

Je tiens à témoigner toute ma reconnaissance aux personnes suivantes, pour leur aide dans la réalisation de ce mémoire et pour leur soutien durant mes études :

À mes parents pour leur soutien inconditionnel et particulièrement à ma mère qui m'a aidée et relue maintes fois alors qu'elle livrait son plus grand combat.

À Edgar et Gernie qui m'ont servi de bouillottes lors de la rédaction de ce mémoire pendant de nombreuses soirées.

Enfin à Monsieur Bagge qui aura été le meilleur professeur de mathématique qu'un élève puisse un jour rêver avoir. Il a su mettre en lumière mon potentiel et toujours avec bienveillance.

Résumé :

L'anxiété mathématique est définie comme un sentiment de tension, d'appréhension ou de peur qui interfère avec les performances mathématiques. Ce mémoire étudie l'influence d'un protocole de cohérence cardio-respiratoire couplée à du biofeedback sur la diminution de l'anxiété mathématique auprès de 32 enfants tout-venant scolarisés en classe de CE2. Ce mémoire a également procédé à un état des lieux des connaissances des orthophonistes quant à l'anxiété mathématique par le biais d'un questionnaire en ligne.

Grâce aux données relevées, nous avons observé l'absence de relation entre l'anxiété et le genre, la corrélation positive entre anxiété trait et anxiété mathématique, et enfin la corrélation négative entre anxiété et performances mathématiques. Nous avons pu confirmer l'impact des ruminations sur la mémoire de travail, sur la boucle phonologique et sur les performances mathématiques. Concernant le protocole, nous n'avons pas observé d'impact significatif sur la réduction de l'anxiété mathématique auprès de nos participants. Enfin, nous avons pu confirmer qu'une année d'enseignement des mathématiques est suffisante pour que la relation entre anxiété et performances mathématiques naisse.

Parallèlement, le questionnaire adressé aux orthophonistes met en évidence un besoin d'information quant à l'anxiété mathématique. L'anxiété mathématique est une réalité clinique très présente dans la pratique orthophonique. Nous avons observé que les symptômes des patients hautement anxieux pris en soin par nos répondants sont identiques à ceux relevés dans la littérature. Enfin, nous avons pu observer que les praticiens sensibilisés à l'anxiété mathématique estiment davantage que sa prise en soin relève de la pratique orthophonique.

Mots-clés :

Anxiété mathématique, cohérence cardio-respiratoire, biofeedback, enfant, orthophoniste.

Abstract :

Math anxiety is defined as a feeling of tension, apprehension or fear that interferes with mathematical performance. This study investigated the influence of a cardiorespiratory coherence protocol coupled with biofeedback on the reduction of mathematical anxiety among 32 children enrolled in third grade. This dissertation also conducted a survey on the knowledge of speech-language therapists regarding mathematical anxiety by means of an online questionnaire.

Through the data collected, we observed the lack of a relationship between anxiety and gender, the positive correlation between trait anxiety and math anxiety, and a negative correlation between anxiety and math performance. We were able to confirm the impact of ruminations on working memory, on the phonological loop and on mathematical performance. Concerning the protocol, we did not observe any significant impact on the reduction of mathematical anxiety among our subjects. Finally, we were able to confirm that one year of mathematics instruction is sufficient for the relationship between anxiety and mathematical performance to emerge.

At the same time, the survey addressed to the speech therapists revealed a need for information on mathematical anxiety. Mathematical anxiety is a clinical reality that is very present in speech language therapy. We observed that symptoms of highly anxious patients treated by our respondents are identical to those reported in the literature. Finally, we observed that practitioners who are aware of mathematical anxiety are more likely to consider its treatment as part of speech therapy practice.

Keywords:

Mathematics anxiety, cardiorespiratory coherence, biofeedback, child, speech language therapist.

Table des matières

Introduction	1
Contexte théorique, buts et hypothèses	1
I. Anxiété et mathématiques	1
1. L'anxiété	2
2. Les mathématiques	2
II. L'anxiété mathématique	3
1. Définition	3
2. Relation entre performance et anxiété	4
3. Outils d'évaluation de l'anxiété et de l'anxiété mathématique	5
3.1. Évaluation de l'anxiété	5
3.2. Évaluation de l'anxiété mathématique	6
4. Les pistes de traitement de l'anxiété mathématique	6
4.1. Techniques de réduction de l'anxiété	7
4.2. Remédiation des compétences en mathématiques	8
III. Variabilité de la fréquence cardiaque	8
IV. Biofeedback	9
V. Cohérence cardiaque	9
VI. Buts et hypothèse	10
Méthode	11
I. Procédure expérimentale FOCUS	11
1. Participants	11
2. Déroulement de la procédure expérimentale FOCUS	12
2.1. Passation collective	12
2.2. Passation individuelle	12
2.3. Collecte des résultats	13
II. Questionnaire d'investigation auprès d'orthophonistes	13
1. Objectif de l'enquête	14
2. Population cible	14
3. Méthode d'investigation	14
Résultats	14
I. Procédure expérimentale FOCUS	15
1. Anxiété mathématique	15
1.1. Comparaison de l'anxiété mathématique en fonction du genre	16
1.2. Comparaison des performances mathématiques selon le genre	16
1.3. Corrélation entre anxiété trait et anxiété mathématique	16
1.4. Corrélation anxiété et performances mathématiques	17
1.5. Corrélation entre l'anxiété et fréquence cardiaque	17
2. Relation entre anxiété et performances mathématiques	17
3. Impact des ruminations	18
3.1. Corrélation entre anxiété et empan	18
3.2. Corrélation entre empan et performances mathématiques	19
4. Efficacité des exercices de respiration couplés à l'outil FOCUS	19
4.1. Comparaison épreuves prétest et post-test	19
II. Questionnaire d'investigation auprès d'orthophonistes	20
1. Composition de l'échantillon	20
2. Connaissance de l'anxiété mathématique	20
3. Patients pris en soin en situation d'anxiété mathématique	21
4. Observation clinique des symptômes	21
5. Remédiations mises en place	21

6.	Anxiété mathématique et pratique orthophonique.....	22
7.	Cohérence cardiaque et orthophonie	23
8.	Formations complémentaires.....	23
9.	L'intérêt du projet FOCUS en orthophonie	24
Discussion.....		24
I.	Procédure expérimentale FOCUS	24
1.	Interprétation des résultats.....	24
1.1.	Confrontation à la littérature.....	24
1.2.	Efficacité de la procédure expérimentale FOCUS.....	25
2.	Limites et perspectives	26
II.	Questionnaire d'investigation auprès d'orthophonistes.....	27
1.	Analyse de l'échantillon	27
2.	Rapport avec les hypothèses.....	27
3.	Limites et perspectives	28
III.	Apport pour la pratique orthophonique	29
1.	Apport de FOCUS	29
2.	Apport du questionnaire	29
Conclusion.....		29
Bibliographie		31
Liste des annexes.....		36
Annexe n°1 :	Extrait de la SNAP IV questionnaire hétéroévaluatif.....	36
Annexe n°2 :	Extrait de la version 2 du protocole.....	36
Annexe n°3 :	Extrait du Self Assessment Manikin	36
Annexe n°4 :	Échelle d'autoévaluation STAI-C	36
Annexe n°5 :	Extrait PANAS-SF	36
Annexe n°6 :	Extrait de l'adaptation française de la mAMAS.....	36
Annexe n°7 :	Outil FOCUS.....	36
Annexe n°8 :	Extrait du Tempo Test Rekenen	36
Annexe n°9 :	Trame du questionnaire adressé aux orthophonistes.....	36
Annexe n°10 :	Données et statistiques entre pré test et post test.....	36

Introduction

De nombreux enfants et adultes éprouvent des sentiments d'anxiété, d'appréhension, de tension ou de mal-être lorsqu'ils sont confrontés aux mathématiques ou à des tâches en rapport avec les mathématiques. Cette anxiété spécifique à l'égard des mathématiques se traduit de manières physiologique et cognitive.

L'anxiété mathématique, dont l'étiologie n'a pas encore été déterminée, entraîne des répercussions sur les performances mathématiques et à plus long terme sur les choix de vie des individus (choix scolaires, universitaires, de carrière).

L'anxiété mathématique est ressentie précocement et perdure chez l'adulte ; elle constitue un facteur important à prendre en compte pour améliorer les expériences en mathématiques, celles-ci influençant les résultats scolaires et même, à terme, le choix de carrière. Les difficultés précoces en mathématiques sont un facteur de risque de l'anxiété mathématique. Il semble donc nécessaire d'intervenir le plus précocement possible auprès des enfants.

De nombreuses études de la littérature ont montré l'efficacité de méthodes (cognitives, comportementales...) sur la réduction de l'anxiété et l'amélioration des performances de l'individu souffrant d'anxiété mathématique.

Nous ferons dans un premier temps un état des lieux de la littérature scientifique vis-à-vis de l'anxiété mathématique. Puis nous détaillerons le protocole expérimental, ce dernier a pour but de valider l'outil FOCUS auprès d'une population d'enfants tout-venant. Enfin, nous réaliserons un état des lieux des connaissances et des pratiques des orthophonistes quant à l'anxiété mathématique, son évaluation et sa prise en soin par la diffusion d'un questionnaire.

Contexte théorique, buts et hypothèses

Dans un premier temps nous définirons l'anxiété, les mathématiques et enfin l'anxiété mathématique au travers des différentes données de la littérature scientifique. Dans un second temps, nous définirons la variabilité de la fréquence cardiaque, le biofeedback et la cohérence cardiaque qui représentent des éléments capitaux pour la compréhension et la réalisation de notre protocole axé sur la réduction de l'anxiété mathématique. Enfin, nous déterminerons les buts et hypothèses de ce mémoire.

I. Anxiété et mathématiques

Définissons dans un premier temps les termes principaux de ce mémoire : l'anxiété et les mathématiques.

1. L'anxiété

L'anxiété est une émotion qui est caractérisée par un sentiment d'inquiétude, d'insécurité et de troubles physiques par rapport à un danger indéterminé face auquel on se sent impuissant (Sillamy, 1980).

Elle est à la fois une réponse cognitive et somatique de l'organisme qui fait face à des demandes environnementales. La dimension cognitive de l'anxiété est une composante caractérisée par des attentes défaitistes quant à la réussite d'une activité, des auto-évaluations négatives, et peut s'accompagner d'un manque de concentration. En effet, l'influence négative de l'anxiété cognitive est généralement expliquée par le détournement de l'attention qu'elle provoque. L'individu, absorbé par ses ruminations, ne peut focaliser son attention sur les signaux pertinents.

La dimension somatique de l'anxiété est, quant à elle, caractérisée par une modification de la fréquence cardiaque, du rythme respiratoire, de la tension musculaire ainsi que d'autres fonctions végétatives (souffle court, mains moites, douleurs abdominales, transpiration, etc.). Alors que la performance décroît de manière linéaire quand l'anxiété cognitive augmente, l'anxiété somatique est liée à la performance par une relation en U inversé (Burton, 1988 ; Gould et al., 1987) : dans un premier temps, l'anxiété somatique va permettre une amélioration du niveau de performance, mais arrivée à un plafond, elle se dégrade.

Spielberger (1966) distingue l'anxiété état, réactionnelle à une situation particulière (ex : danger, stress psychologique), de l'anxiété trait correspondant à une caractéristique stable et durable de la personnalité du sujet. Passer (1984) caractérise l'anxiété trait comme déterminée par l'histoire des réussites et des échecs de l'individu associés aux renforcements reçus de la part de son entourage (parents, amis, éducateurs...).

L'anxiété pathologique se différencie de l'anxiété normale par son retentissement sur les capacités d'adaptation du sujet. En effet, l'anxiété à l'égard des apprentissages peut empêcher l'enfant d'adopter une méthode de travail adaptée. À l'évocation d'un examen, l'individu panique, envisage d'abandonner ou encore d'éviter la situation et il ne ressent plus de plaisir dans les apprentissages.

Selon Spielberger (1972), l'anxiété est liée à la perception d'une menace, c'est-à-dire à l'évaluation de la situation comme étant dangereuse : physiquement ou psychologiquement. De ce fait, l'enfant, qui va juger la situation comme non familière ou dangereuse, va activer deux sous-systèmes du système nerveux autonome (SNA) provoquant une accélération de la fréquence cardiaque et du rythme respiratoire ainsi que l'apparition de bouffées de chaleur qui le préparent à fuir cette situation. À court terme, cette réaction du système nerveux permet de maintenir sa fonctionnalité, cependant si son action est prolongée elle sera néfaste pour l'organisme. La régulation de l'anxiété par l'organisme s'avère nécessaire.

2. Les mathématiques

Les mathématiques sont définies comme la science qui étudie, par le moyen du raisonnement déductif, les propriétés d'êtres abstraits (nombres, figures géométriques, fonctions, espaces, etc.) ainsi que les relations qui s'établissent entre eux (Dictionnaire Larousse, 2020).

II. L'anxiété mathématique

Nous définirons ici l'anxiété mathématique au regard de la littérature scientifique, puis nous ferons un état des lieux des études récentes avançant différentes hypothèses quant à la relation entre l'anxiété mathématique et les performances en mathématiques. Puis nous présenterons les différents outils permettant d'évaluer l'anxiété et l'anxiété mathématique. Enfin, nous aborderons les pistes de traitement et de remédiation de l'anxiété mathématique.

1. Définition

D'après la recherche de Ashcraft (2002), l'anxiété en mathématiques est communément définie comme un sentiment de tension, d'appréhension ou de peur qui interfère avec les performances en mathématiques. Elle peut aller de l'inquiétude à la peur et faire vivre des tensions difficilement surmontables (Lafortune, 1992). Cette anxiété mathématique peut se traduire par des symptômes psychologiques (confusion, inquiétude, pensées négatives, etc.) et physiologiques (rythme cardiaque rapide, transpiration, nausées, maux de tête, etc.) lorsqu'il s'agit de résoudre un problème mathématique. Il est important de souligner qu'il ne s'agit pas d'une anxiété généralisée qui se porterait sur les activités mathématiques, mais plutôt d'une anxiété spécifique envers ces dernières.

Richardson et Suinn (1972) estiment que 11 % des étudiants universitaires présentent des niveaux d'anxiété mathématique suffisamment élevés pour avoir besoin de soutien psychologique. Plus récemment, Ashcraft et Moore (2009) ont estimé que 17 % de la population (étude sur des enfants américains) présente des niveaux élevés d'anxiété mathématique.

D'après la recherche de Vukovic et al. (2013), bien que son étiologie reste à préciser, de nombreuses études (Beilock & al., 2010 ; Geist, 2010 ; Hembree, 1990) font l'observation que l'anxiété mathématique découle d'une accumulation d'expériences négatives.

Un facteur possible de l'anxiété mathématique est la génétique. Il est cependant peu probable qu'il existe des facteurs génétiques spécifiques à l'anxiété mathématique. Les analyses multivariées telles que celle de Wang et al. (2014) suggèrent plutôt que des facteurs génétiques relatifs à des performances faibles en mathématiques et des facteurs génétiques et environnementaux relatifs à l'anxiété générale élevée constituent un risque élevé de développer de l'anxiété mathématique.

La plupart des études suggèrent que l'anxiété mathématique est peu fréquente chez les très jeunes enfants, notamment Villette (2017) qui avance qu'une année d'enseignement des mathématiques est suffisante pour que la relation entre performances mathématiques et anxiété naisse. Cependant, certains chercheurs ont constaté une anxiété mathématique significative chez les enfants en début d'école élémentaire (Wu et al., 2012).

La culture et la nationalité pourraient à leur tour jouer un rôle majeur dans l'anxiété mathématique. En effet, les pays diffèrent, tant sur les performances mathématiques que sur l'appréciation des mathématiques. Une étude de Lee (2009) relève que les enfants asiatiques (Chine et Corée) manifestaient plus d'anxiété mathématique que les enfants européens (Finlande, Pays-Bas, Suisse, etc.). Lee explique cela par l'exigence élevée de réussir aux examens en Chine et en Corée.

Enfin, une des hypothèses est que les difficultés précoces en mathématiques représentent un facteur de risque à l'apparition de l'anxiété mathématique (Nunez-Peña, 2014). Les faiblesses chez les enfants présentant des troubles des apprentissages mathématiques (TAM) seraient à l'origine de leur anxiété et augmenteraient les risques de présenter une anxiété des mathématiques (Rubinstein & Tannock., 2010).

2. Relation entre performance et anxiété

L'hypothèse que les déficits en mathématiques augmenteraient l'anxiété mathématique étant fréquemment mentionnée dans la recherche scientifique, la question de savoir si ce ne serait pas en réalité l'anxiété mathématique qui réduirait les performances dans ce domaine semble pertinente. À cette interrogation fondamentale, plusieurs scientifiques ont apporté des conclusions différentes et même contradictoires. Par exemple, les résultats d'une étude de suivi longitudinal de Ma et Xu (2004) répondent que les performances arithmétiques sont dès le début un déterminant de l'anxiété qui ensuite influera sur la réussite mathématique. D'un autre côté, Ashcraft & Krause (2007) avancent que c'est l'anxiété mathématique qui entraîne une baisse des performances en mathématiques. Enfin, certains chercheurs tels que Carey et al (2016) font l'hypothèse d'une possible relation bidirectionnelle (The Reciprocal Theory) dans laquelle l'anxiété et les performances mathématiques s'influencent mutuellement.

Villette (2017) démontre que la relation entre anxiété et performances mathématiques est indépendante des capacités de mémoire de travail (MDT). Maloney et al. (2011) avancent que l'anxiété mathématique résulte d'abord d'un déficit des traitements numériques de bas niveau qui retentirait ensuite sur les habiletés mathématiques de plus haut niveau. Selon cette interprétation, la MDT joue donc un rôle secondaire. Or les personnes souffrant d'anxiété mathématique élevée sont en proie à des ruminations mentales induites par leur anxiété. Ces ruminations mobilisent les ressources en MDT, ce qui va entraîner des répercussions sur les performances mathématiques (Ashcraft et Kirk, 2001 ; Eysenck et Calvo, 1992). En effet, la MDT est impliquée dans de nombreuses tâches mathématiques telles que le calcul mental, le dénombrement et le transcodage (Gavens & Camos, 2006). Ces ruminations qui impactent la MDT vont augmenter le nombre d'erreurs ainsi que le temps de réalisation de la tâche. Ashcraft et Kirk (2001) ont constaté que les personnes souffrant d'une forte anxiété mathématique ont une MDT plus petite notamment en ce qui concerne les tâches de calcul mental. Les personnes s'avèrent plus lentes et font plus d'erreurs dans ces tâches, car elles nécessitent de garder les nombres en mémoire. Ce constat va dans le sens de nombreuses études, notamment celle de Eysenck et Calvo (1992), qui soulignent les effets de l'anxiété état, c'est-à-dire un état passager qui peut survenir chez tout individu, sur les performances. À l'inverse, Ramirez et al. (2013) rapportent que les individus dont la MDT est élevée ont tendance à s'appuyer sur des stratégies couteuses en MDT, et ces dernières sont vraisemblablement perturbées, car la MDT est monopolisée par les ruminations. De plus, l'anxiété état est généralement associée à une mauvaise efficacité de traitement en conditions d'évaluation, car les personnes hautement anxieuses font davantage appel à leurs ressources cognitives pour le traitement que les personnes peu anxieuses.

Une étude de Hunt et al. (2014) a relevé les différentes pensées intrusives subies par des personnes en situation d'anxiété mathématique. Pour ce faire, Hunt et al. ont utilisé une version modi-

fiée du Questionnaire sur les Intrusions Cognitives (CIQ) de Freeston et al. (1991). Il a été modifié de façon que les items ne contiennent que des pensées intrusives en lien avec des tâches mathématiques, telles que : " commettre des erreurs ", " la pression temporelle ", " la méthode de résolution de problème", " ce que les gens vont penser ", " la panique ", " les expériences mathématiques passées " et " les changements physiologiques ". Les résultats révèlent que la pensée intrusive la plus fréquente reposerait sur le fait de commettre des erreurs. Suivie de la pression temporelle et du choix de la méthode de résolution de problème. De plus, 41,8% des participants révèlent avoir pensé à leurs expériences mathématiques antérieures et à ce que les gens pourraient penser d'eux. Enfin, un tiers des participants ont eu des pensées liées aux changements physiologiques.

L'une des conséquences de l'anxiété mathématique est la tendance à l'évitement (Ashcraft, 2002). En évitant les situations de mathématiques, les personnes anxieuses à leur égard reçoivent moins de stimulations mathématiques et finissent par avoir des compétences et des résultats inférieurs en mathématiques, par rapport aux personnes qui ne souffrent pas d'anxiété liée aux mathématiques (Ashcraft, 2002).

De nombreuses études indiquent que l'anxiété mathématique est significativement plus élevée chez les filles que chez les garçons (Villette, 2017 ; Carey et al. 2019). Pour autant, les performances mathématiques des filles ne diffèrent pas de celles des garçons (Hill et al., 2016 ; Villette, 2017). En effet, ces études montrent que les femmes ont tendance à se sous-évaluer et à exprimer plus d'anxiété à l'égard des mathématiques (Hembree, 1990 ; Villette 2017). Elles démontrent aussi que les hommes tendent à faire preuve de plus de confiance en eux et à se donner une meilleure évaluation que les femmes (Jakobson et al., 2013). Cette différence entre homme et femme pourrait provenir de différentes sources telles que l'exposition aux stéréotypes sexistes ou encore la transmission sociale de l'anxiété par des enseignantes qui sont elles-mêmes anxieuses à l'égard des mathématiques (Beilock et al., 2010). Cette hypothèse de stéréotypes n'est pas toujours retrouvée, notamment auprès des enfants (Ganley et al., 2013). L'anxiété et les mauvais résultats en mathématiques orientent les choix scolaires, universitaires et de carrières de ceux qui en souffrent.

De nouvelles études sont nécessaires pour déterminer l'origine de l'anxiété mathématique et son impact sur l'activité cérébrale tant pour sa composante émotionnelle que cognitive.

3. Outils d'évaluation de l'anxiété et de l'anxiété mathématique

Sachant que l'anxiété mathématique est spécifique et différente de l'anxiété générale, les chercheurs ont développé des méthodes d'évaluation appropriées à ces deux problématiques. Nous décrirons ici les différents outils d'évaluation de l'anxiété ainsi que ceux destinés à l'anxiété mathématique, certains d'entre eux étant utilisés au cours de notre étude.

3.1. Évaluation de l'anxiété

La SAM : *Self Assessment Manikin* de Bynion et Feldner (2017) est une échelle non verbale de mesure des dimensions émotionnelles. Elle mesure trois dimensions : valence (bien-être), arousal (agitation), et stress.

Le STAI-C : *State Trait Anxiety Inventory for Children* de Spielberger et al. (1973). Cette échelle d'autoévaluation mesure la sévérité de l'anxiété chez les enfants. Elle mesure les traits anxieux et les réactions dans différentes situations. En présence d'un adulte, les enfants complètent eux-mêmes ce questionnaire qui se présente sous forme d'échelle de fréquence en trois points. Vingt phrases sont présentées à l'enfant ; elles ont été écrites de façon à exprimer l'humeur ou le ressenti d'une personne. L'enfant doit les lire et dire comment ces phrases s'appliquent à lui-même en sélectionnant l'une des trois réponses proposées. Par exemple, à la phrase : « Ça m'inquiète de me tromper », il peut répondre : « Presque jamais », « Quelquefois », « Souvent ».

La PANAS-SF : *Positive and Negative Affect Schedule Short Form* développée par Thompson (2007) mesure la composante affective du bien-être. Un score d'affect négatif révèle une détresse psychologique impliquant différentes émotions déplaisantes, alors qu'un score bas reflète le calme et la sérénité. Dérivée de la PANAS qui fut développée en 1988 par Watson et al. (1988), elle est composée de dix items dont cinq étant des états affectifs positifs (actif, déterminé, attentif, inspiré et alerte) et cinq des états affectifs négatifs (peur, nervosité, contrariété, hostilité et honte).

3.2. Évaluation de l'anxiété mathématique

Il existe différents outils de mesure de l'anxiété mathématique chez les adultes tels que l'AMAS (*Abbreviated Math Anxiety Scale*) de Hopko et al. (2003) ou la MARS (*Math Anxiety Rating Scale*) de Richardson et Suinn, (1972), ils font souvent référence à des mathématiques avancées auxquelles les enfants n'ont pas été exposés. De la même façon, plusieurs outils de mesure de l'anxiété mathématiques chez les enfants ont été développés ces dernières années tels que le CMAQ (*Children's Math Anxiety Questionnaire*) de Ramirez et al. (2013) ou la SEMA (*Scale for Early Mathematics Anxiety*) de Wu et al. (2012).

Cependant, selon Carey et al. (2019), ces outils ciblant les enfants n'ont parfois pas été testés de manière adéquate en termes de fiabilité et de validité. De plus, certaines échelles d'anxiété mathématique chez l'enfant ne peuvent être utilisées qu'avec un nombre très limité d'enfants : certaines questions étant susceptibles de provoquer plus d'anxiété chez des enfants plus jeunes ou à l'inverse moins d'anxiété chez des enfants plus âgés que la population pour laquelle le test a été conçu (ex : CMAQ de Ramirez et al., 2013). C'est pourquoi Carey et al. (2017) ont décidé de modifier l'AMAS de Hopko et al. (2003), une échelle qui fait preuve de validité et fiabilité, en l'adaptant à des enfants (population d'enfants britanniques). Ils ont donc développé la mAMAS : *Modified Abbreviated Math Anxiety Scale*. Dans cette auto-évaluation, neuf phrases sont présentées à l'enfant qui indiquera grâce à une échelle de Likert comment il se sent face à diverses situations. Par exemple, à la phrase « Penser à un contrôle de maths qui aura lieu le lendemain », l'enfant peut entourer parmi les réponses suivantes : « Faiblement anxieux », « Un peu anxieux », « Moyennement anxieux », « Pas mal anxieux », « Fortement anxieux ».

4. Les pistes de traitement de l'anxiété mathématique

Le traitement de l'anxiété mathématique doit tenir compte des nombreuses composantes de cette dernière et il faut de ce fait envisager que certains moyens de traitement seront efficaces sur une composante et inefficaces sur une autre. De plus, la littérature ne s'accorde pas sur la relation

entre performance et anxiété. La performance influence-t-elle l'anxiété mathématique, l'anxiété influence-t-elle les performances ou encore existe-t-il une relation bidirectionnelle ? Ainsi la question se pose sur ce qui est à traiter : la performance ou l'anxiété mathématique ?

Les traitements de l'anxiété liée aux mathématiques ont donc été regroupés en deux catégories : l'utilisation de techniques de réduction de l'anxiété et la remédiation des compétences en mathématiques.

4.1. Techniques de réduction de l'anxiété

Parmi les techniques de réduction de l'anxiété, nous retrouvons tout d'abord la prise en charge cognitivo-comportementale. En effet, nous relevons dans la littérature scientifique les mémoires de Julie d'Hooge (2019) et Madeleine Spriet (2015) qui portent tous deux sur l'évaluation de l'efficacité d'une prise en charge cognitivo-comportementale par IRM fonctionnelle sur des participants exclusivement de sexe féminin présentant de l'anxiété mathématique. Leurs études n'ont pas démontré d'effet significatif de cette prise en charge. Cependant, quelques différences vont dans le sens d'une amélioration plus importante pour les participantes anxieuses après la prise en charge (nous notons une amélioration des latences de réponses ainsi qu'une diminution des erreurs) en comparaison au groupe contrôle. Les données collectées aux IRM fonctionnelles montrent que certaines activations cérébrales liées à l'anxiété ont disparu.

Nous retrouvons également, dans la littérature scientifique, l'utilisation de l'EMDR (Eye Movement Desensitization and Reprocessing). Cette technique, dont l'efficacité a été prouvée par Shapiro en 1989, a démontré toute son efficacité dans la prise en charge des états de stress post-traumatiques. Une étude par Vauthier et al. (2019) composée d'un groupe bénéficiant d'une prise en charge EMDR et d'un groupe contrôle, révèle une baisse significative des émotions négatives vis-à-vis des mathématiques, mais également une augmentation de la force du sentiment d'efficacité personnelle chez les participants du groupe EMDR.

Le paradigme de l'écriture expressive ou « expressive writing » se révèle être une méthode qui porte ses fruits. En effet, dans la littérature scientifique, Park et al. (2014) ont pris l'initiative d'étudier l'efficacité de l'écriture expressive sur l'anxiété mathématique. Cette technique s'avère réduire les pensées intrusives et améliore la capacité de MDT. Chez les participants présentant de l'anxiété mathématique et faisant partie du groupe d'écriture expressive, l'utilisation de mots liés à l'anxiété et l'identification de la cause dans leurs écrits étaient positivement liées aux performances en mathématiques. L'écriture expressive améliore les performances des élèves anxieux dans les situations d'évaluation mathématique.

La pleine conscience (ou mindfulness-based stress reduction, ou encore MBSR) favorise une régulation du contrôle attentionnel et du contrôle des émotions. La thèse de Pinthong (2018) a révélé que l'effet de l'enseignement d'une technique de pleine conscience durant cinq minutes a un impact sur l'anxiété en mathématiques et les performances en mathématiques chez des étudiants universitaires inscrits à un cours de rattrapage en mathématiques. Pinthong constate que l'anxiété mathématique est réduite de 13,8% entre le prétest et le post-test pour le groupe bénéficiant d'un tutorat en mathématiques couplé à un entraînement à la pleine conscience. Le groupe ne recevant que le

tutorat de mathématique sans pleine conscience présente une augmentation non significative de l'anxiété, cela indique donc que le tutorat à lui seul sur une période d'une semaine ne permet pas la réduction de l'anxiété mathématique.

4.2. Remédiation des compétences en mathématiques

Parmi les techniques de remédiation des compétences en mathématiques, nous retrouvons des entraînements intensifs ou encore l'exposition renforcée aux situations mathématiques et aux chiffres et nombres.

Supekar et al. (2015) ont démontré qu'un programme intensif de tutorat cognitif individuel pendant huit semaines réduit l'anxiété mathématique chez les enfants. Les chercheurs ont constaté que l'exposition aux mathématiques pouvait non seulement améliorer les compétences en mathématiques, mais aussi réduire l'anxiété par la désensibilisation. Des IRM pré-intervention ont permis de relever des activations de l'amygdale (= structure cérébrale qui gère les émotions, notamment la peur et l'anxiété). Après l'intervention, les IRM post-intervention ne montraient plus d'activation de l'amygdale. Ces participants présentaient une réduction importante de l'anxiété mathématique. Les résultats de cette étude peuvent suggérer qu'une amélioration des compétences mathématiques entraîne une réduction de l'anxiété mathématique par de la désensibilisation aux mathématiques.

Les résultats d'une étude conduite par Ramirez et al. (2018) expliquent que l'évitement des situations impliquant des mathématiques est responsable des déficits développementaux mathématiques. Cela impliquerait qu'une exposition renforcée aux mathématiques pourrait être une remédiation aux compétences mathématiques. Plusieurs études (Laski et al., 2014 ; Ramani et al., 2008) soulignent d'ailleurs que l'utilisation à la maison de jeux riches en nombres et en chiffres améliore la représentation numérique des enfants, aide à faire le lien entre mathématiques et problèmes de la vie quotidienne et enfin à adopter une attitude positive à l'égard des mathématiques.

Le fait que l'étiologie de l'anxiété mathématique ne soit pas encore clairement définie en une cause unique et le fait que l'anxiété mathématique tienne compte de nombreuses composantes, rendent difficile la recherche d'un traitement adéquat à l'anxiété mathématique dans son entièreté.

III. Variabilité de la fréquence cardiaque

La variabilité de la fréquence cardiaque (VFC) est une mesure des variations naturelles de la fréquence cardiaque d'un battement à l'autre. Ces oscillations sont complexes et permettent au système cardiovasculaire de s'adapter à des situations inattendues, physiques ou psychologiques. La VFC apparaît comme un excellent indicateur pour évaluer l'activité du système nerveux autonome (Servant et al., 2009). Ce dernier régule de façon automatique et non consciente certains processus physiologiques, tels que la tension artérielle et le rythme de respiration.

Une grande amplitude de la VFC est associée à une meilleure régulation des émotions et à l'utilisation de stratégies adaptatives (Fabes & Eisenberg, 1997). À l'inverse, une diminution significative est un signe de vulnérabilité au stress, cette diminution est d'ailleurs retrouvée auprès de patients souffrant de troubles psychiatriques ou comportementaux (Servant et al., 2009). La VFC est donc un indice de santé physique et émotionnelle.

Les techniques visant à améliorer la VFC apportent une réduction des effets néfastes du stress et de l'anxiété. Les progrès technologiques récents ont considérablement simplifié l'enregistrement et amélioré la fiabilité de la mesure de la VFC. En effet, il est aujourd'hui possible de recueillir la VFC au moyen d'un bracelet composé d'un micro-ordinateur relié à un capteur miniature de type ECG. Ces bracelets sont désormais facilement accessibles, notamment du fait de leur coût très raisonnable. Un boîtier ou une application sur Smartphone interprète ces données pour l'individu.

Les outils et thérapies capables de modifier la VFC sont d'un grand intérêt pour améliorer la gestion émotionnelle chez les patients présentant des troubles psychiques. Une étude de Amon (2008) indique que les techniques de contrôle respiratoire, de relaxation et de méditation semblent apporter une amélioration chez les enfants tout-venant (et enfants TDA/H : trouble déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité).

IV. Biofeedback

Le biofeedback est une technique qui consiste à visualiser une mesure physiologique en temps réel, à la comprendre et à apprendre à la maîtriser. Le signal physiologique enregistré (tel que ECG, EMG, EEG, conductivité de la peau, etc.) reflète l'état physiologique du sujet et va l'aider à prendre conscience de ses propres processus physiologiques, lui permettant ainsi de modifier et contrôler son état émotionnel. Cet entraînement psycho-physiologique permet de développer des stratégies perceptivo-cognitives, affectives et comportementales en régulant l'activation du SNA.

V. Cohérence cardiaque

La cohérence cardiaque est un phénomène de balancier physiologique créé par la synchronisation de l'activité des systèmes du SNA (les systèmes sympathique et parasympathique). Elle constitue également une méthode de relaxation et de biofeedback scientifiquement validée qui prend en compte la VFC.

La cohérence cardiaque est couramment utilisée dans la gestion du stress, de l'hypertension artérielle, de la douleur et d'autres problèmes d'origines organique, fonctionnelle ou psychologique.

Cette technique vise à amplifier la VFC en mettant en résonance la respiration et la fréquence cardiaque. La fréquence cardiaque augmente à l'inspiration (levée temporaire de l'influence parasympathique) et diminue à l'expiration (stimulation du système parasympathique). Cette oscillation de la fréquence cardiaque est appelée arythmie sinusale respiratoire ou « cohérence cardiaque », elle correspond au changement cyclique de la fréquence cardiaque en réponse à la respiration.

La cohérence cardiaque permet également à l'individu de prendre conscience et de maîtriser son état émotionnel et de renforcer sa concentration. L'efficacité de la cohérence cardiaque a été démontrée chez les adultes (Goessi et al., 2017) ainsi que chez les enfants et adolescents (Dormal et al., sous presse).

Enfin, le « biofeedback de cohérence cardiaque » étudie la façon dont les émotions et les pensées impactent notre organisme par des signaux physiologiques et comment cette perception de si-

gnaux peut influencer nos attitudes et comportements. Cette technique permet de ramener le sujet à la réalité physiologique de son anxiété et à la possibilité d’agir de manière concrète sur ce qui était perçu jusque-là comme un état non palpable sur lequel l’individu a peu de prise.

VI. Buts et hypothèses

L’objectif premier de ce mémoire est d’étudier l’influence d’un nouveau protocole de cohérence cardio-respiratoire, une méthode de relaxation scientifiquement validée qui fait appel à la respiration, couplée à du biofeedback sur la diminution de l’anxiété mathématique.

L’efficacité des séances de biofeedback de la VFC chez les enfants et adolescents tout-venant ou présentant divers troubles neuro-développementaux est largement démontrée (Amon 2008 ; McCraty 2012 ; Fahrenkamp 2019). Elles permettent de réduire les manifestations physiologiques et mentales liées à l’anxiété.

Notre proposition pour réduire l’anxiété mathématique repose sur l’utilisation d’un boîtier avec un capteur de fréquence cardiaque ainsi que du biofeedback visuel (outil FOCUS) et de la méthode de cohérence cardiaque impliquant des exercices de respiration adaptés aux enfants.

Au cours de cette étude préliminaire, nous faisons l’hypothèse de retrouver dans nos échantillons des phénomènes identiques à ceux de la littérature scientifique : notamment les corrélations entre l’anxiété mathématique, l’anxiété trait et les performances mathématiques. Nous cherchons également à observer si, comme Villette l’avance, l’anxiété mathématique est davantage présente au sein de la population féminine et si la relation entre anxiété et performances mathématiques est indépendante des capacités de MDT. Enfin, nous faisons l’hypothèse d’observer que l’empan est corrélié à l’anxiété et aux performances mathématiques. Nous souhaitons également confirmer les résultats de l’étude de Villette (2017) qui avance qu’une année d’enseignement des mathématiques est suffisante pour que la relation entre anxiété mathématique et performances mathématiques soit observable.

Enfin, nous faisons l’hypothèse que notre proposition de méthode de cohérence cardio-respiratoire a un impact sur la diminution de l’anxiété mathématique.

Un autre objectif est né au cours de cette expérimentation. Au vu du manque de données dans la littérature scientifique relatif aux connaissances des orthophonistes sur l’anxiété mathématique, son évaluation et sa prise en soin orthophoniques, nous avons réalisé un questionnaire adressé à ces praticiens. Cette démarche a pour but de faire un état des lieux de leurs connaissances, de leurs pratiques, et de leurs observations cliniques. Nous avons alors émis plusieurs hypothèses. La première étant qu’il existerait une méconnaissance de l’anxiété mathématique au sein de notre population cible : les orthophonistes prenant en charge des patients en cognition mathématique. Nous pensons que ces praticiens ne savent ni l’évaluer ni y remédier. Par conséquent, il existerait un besoin d’information sur la notion d’anxiété mathématique. La deuxième hypothèse est que les symptômes de l’anxiété mathématique observés au sein de cabinets orthophoniques seraient similaires à ceux relevés dans la littérature scientifique. La dernière hypothèse avance que la majorité des orthophonistes estimerait que l’anxiété mathématique et la cohérence cardiaque n’ont pas leur place dans la prise en soin orthophonique.

Méthode

I. Procédure expérimentale FOCUS

Comme nous l'expliquions précédemment, Villette (2017) avance que la relation entre performances mathématiques et anxiété est présente dès le CE1 dans le système scolaire français, c'est-à-dire après seulement une année d'enseignement des mathématiques au cours de la classe de CP. Pour cette raison, nous avons choisi de nous concentrer sur une population cible d'enfants de huit à neuf ans afin de tenter de prévenir l'apparition de l'anxiété mathématique.

Il est à noter que notre procédure expérimentale intitulée « FOCUS » a été validée auprès d'un comité éthique (protocole comité d'éthique n°2019-45) et a fait l'objet d'une déclaration auprès de la CNIL (Délibération n°2018-154).

1. Participants

Notre population cible porte sur les enfants tout-venant de huit à neuf ans et ayant déjà bénéficié d'une année d'enseignements mathématiques. Afin de recruter nos participants, nous nous sommes adressés à une école élémentaire publique de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Les critères d'inclusions sont les suivants : être âgé de huit ou neuf ans et être scolarisé en CE2.

Le protocole de recrutement s'effectue en premier lieu auprès des parents de nos participants. Un formulaire de consentement et un questionnaire hétéroévaluatif sur l'enfant SNAP-IV (une version modifiée du questionnaire de Swanson, Nolan & Pelham, 1983) sont transmis par l'institutrice aux parents puis retournés complétés et signés par ces derniers. Le SNAP-IV (Annexe 1) permet de mesurer l'inattention, l'hyperactivité et l'anxiété de nos participants. Ajoutons que la médication, la présence d'un trouble cognitif et/ou d'apprentissage et le genre sont des critères qui sont contrôlés par le questionnaire hétéroévaluatif sur l'enfant.

Afin de réaliser cette étude, nous avons recruté douze participants et avons constitué deux groupes : un groupe FOCUS (ou groupe expérimental) et un groupe contrôle. Notre échantillon initial a été mélangé à trois autres échantillons d'étudiantes de l'Université de Lille réalisant la même étude sur des participants répondants au même critère d'âge afin d'espérer des données plus probantes. L'échantillon est composé de 32 participants (Tableau 1).

Tableau 1. Répartition des effectifs.

Échantillons	1	2	3	4	Total
Fille	7	4	4	-	15
Garçon	5	6	5	1	17
Âge moyen en mois	101,1	97,7	100,5	102	100,3

2. Déroulement de la procédure expérimentale FOCUS

La procédure se déroule en deux parties. Tout d'abord, une évaluation collective puis une évaluation individuelle elle-même composée de trois étapes : une étape de prétest (quinze minutes), une étape d'exercice (cinq minutes) et enfin une étape de post-test (quinze minutes).

2.1. Passation collective

La première phase de passation collective se composera du test TRDM (*Test de repérage de difficultés en mathématiques CE2* ou *Mathematical School Readiness*, Mejias et al., 2019). Celui-ci comprend trois épreuves : une dictée de dix nombres, douze comparaisons de nombres et des calculs (additions, soustractions, multiplications, divisions).

2.2. Passation individuelle

La phase de passation individuelle s'est déroulée dans un endroit calme durant 40 minutes. Les élèves de la classe de CE2 étaient en droit de refuser cette passation, un seul a refusé et ce choix a été respecté.

2.2.1. Prétest

La phase de prétest est composée de quatre étapes successives :

- 1) La prise de mesures physiologiques : la fréquence cardiaque et la saturation en oxygène à l'aide d'un oxymètre (quantifie le taux de saturation sanguin en oxygène).
- 2) Passation de questionnaires (Annexes 3 à 6) :
 - SAM (*Self-assessment Manikin*) : une échelle non verbale de mesure des dimensions émotionnelles. Elle mesure, par un positionnement sur une échelle allant de 0 à 100, trois dimensions : Valence (bien-être : malheureux - heureux), Arousal (agitation : très calme – très excité), Stress (Pas du tout stressé – stressé) ;
 - STAI-C (*State trait inventory for Children*) composée de vingt items à coter avec une échelle de fréquence en trois points. Elle mesure la sévérité de l'anxiété chez l'enfant, par les traits anxieux et les réactions dans différentes situations ;
 - PANAS-SF (*Positive and Negative Affect Schedule*) est une échelle destinée à mesurer les affects positifs et les affects négatifs sur l'instant présent. Elle est composée de dix items (adjectifs décrivant des sentiments et émotions) à coter selon une échelle de Likert (allant de « Très peu » à « Énormément ») ;
 - mAMAS (*Modified Abbreviated Math Anxiety Scale*) est une échelle évaluant l'anxiété mathématique selon une échelle de Likert. Neuf phrases décrivant des situations mathématiques sont présentées à l'enfant qui répond comment il se sent face à ces dernières.
- 3) Passation de tests cognitifs :
 - Épreuve de code de la WISC V : évalue les capacités visuo-constructives, la vitesse de traitement de l'information, l'automatisation de procédure, l'attention et les capacités motrices. Il s'agit ici de compléter un ensemble de cases à l'aide de symboles correspondant chacun à des chiffres (le modèle de codage figurant en haut de la feuille) durant deux minutes ;
 - Épreuve de barrage de la WISC V : subtest qui fait appel à l'attention visuelle sélective et demande de la vigilance. Il s'agit ici de barrer uniquement les animaux mélangés parmi de nombreux items, en 45 secondes ;

- Épreuves évaluant la mémoire de travail : mémoire de chiffre direct (MCD), mémoire de chiffre indirect (MCI). L'enfant doit restituer les chiffres entendus dans l'ordre direct puis indirect. S'il échoue aux deux essais d'un même item, l'épreuve s'arrête.

4) À nouveau, prise de mesures physiologiques (fréquence cardiaque et saturation en oxygène).

Les étapes deux (passation de questionnaires) et trois (passation de tests cognitifs) ont été aléatoirement interverties entre chaque participant lors des passations. Cet ordre doit être identique aux étapes de prétest et post-test.

2.2.2. Exercice

Le groupe FOCUS réalise cinq minutes d'exercice de cohérence cardiaque couplée à du biofeedback via l'outil FOCUS (Annexe 2). Cet outil est un boîtier avec un capteur de fréquence cardiaque associé à du biofeedback visuel (par une jauge lumineuse sur l'outil indiquant l'état de bien-être). Cet outil a un rythme prédéfini de respirations : six respirations par minute, par cycles de cinq secondes d'inspiration et cinq secondes d'expiration. Si l'exercice est correctement réalisé, l'état de bien-être de l'enfant augmente et par conséquent la jauge lumineuse également.

Le groupe contrôle réalise quant à lui réalise cinq minutes de coloriage de type mandalas. Des feutres et des crayons de couleur étaient mis à leur disposition, les enfants étaient en droit de choisir les couleurs qui leur convenaient.

2.2.3. Post-test

Cette dernière phase de la procédure consiste à évaluer l'impact de l'exercice de biofeedback de cohérence cardiaque pour le groupe FOCUS. Il a été choisi que l'ordre de passation des questionnaires et des tests cognitifs soit identique à celui de la phase de prétest.

- 1) La prise de mesures physiologiques (fréquence cardiaque et saturation en oxygène) ;
- 2) Passation de questionnaires : SAM et PANAS-SF ;
- 3) Passation de tests cognitifs : épreuve de code et de barrage de la WISC V ;
- 4) La prise de mesures physiologiques (fréquence cardiaque et saturation en oxygène) ;
- 5) Épreuve de TTR (*Tempo Test Rekenen*) : ce dernier test consiste à effectuer un maximum de calculs (additions, soustractions, multiplications) en une minute (Annexe 8).

2.3. Collecte des résultats

Dans un premier temps nous avons relevé les différentes données quantitatives et qualitatives obtenues aux questionnaires et tests de la procédure. Puis nous avons interprété ces résultats en regard de la littérature.

II. Questionnaire d'investigation auprès d'orthophonistes

Étant donné l'absence de données dans la littérature scientifique sur l'anxiété mathématique au sein de la prise en soin orthophonique, nous avons réalisé un questionnaire adressé aux orthophonistes en vue d'évaluer leurs connaissances sur le sujet.

1. Objectif de l'enquête

L'objectif de ce questionnaire est de réaliser un état des lieux des connaissances des orthophonistes sur l'anxiété mathématique, son évaluation, ses différentes méthodes de prise en soin. Nous souhaitons également relever l'avis de ces praticiens quant à la place de l'orthophonie dans la prise en soin de l'anxiété mathématique et la place de la cohérence cardiaque au sein de la prise en soin orthophonique.

2. Population cible

Ce questionnaire s'adressait à des orthophonistes exerçant en France et prenant en soin des patients en cognition mathématique.

3. Méthode d'investigation

Au cours de diverses discussions avec des orthophonistes, nous nous sommes rendu compte que nombre d'entre eux ne connaissaient pas la notion d'anxiété mathématique, ainsi nous avons souhaité sonder ces praticiens quant à leurs connaissances de cette notion. Nous avons également sondé les participants quant à leur connaissance de la cohérence cardiaque puisque notre procédure expérimentale repose sur cette dernière. Enfin, nous souhaitions connaître l'intérêt des sondés pour notre outil FOCUS couplé à des exercices de respiration.

Le choix des termes et des questions a été réalisé par rapport à nos lectures scientifiques précédemment citées, mais également en sondant l'avis de praticiens rencontrés en stage. Nous souhaitons avant tout observer l'anxiété mathématique dans un cadre de prise en soin orthophonique : les symptômes observés, leur moment d'apparition, la relation entre performance et anxiété, les moyens d'évaluation de l'anxiété mathématique utilisés par nos répondants ainsi que les remédiations mises en place.

Nous avons élaboré ce questionnaire (Annexe 9) puis l'avons soumis à l'approbation du service d'enquêtes de l'Université de Lille et du Délégué à la Protection des Données personnelles de l'Université de Lille (Accord DPO : 2022-035). Le choix de réaliser une enquête via un questionnaire en ligne nous permet d'obtenir un plus grand nombre de répondants que si nous effectuions l'enquête par des entretiens. Le questionnaire en ligne se veut : facilement diffusable, anonyme, court. Les données seront par conséquent plus représentatives de la population cible.

Le questionnaire a été diffusé aux orthophonistes via les réseaux sociaux, notamment sur des groupes du réseau social Facebook tels que : « Sdorpacac Fno », « Ortho-Infos », « Ch'tis...Z'Orthos », « Dyscalculie-Infos », « Orthophonistes France », et « Les Orthos du 06 ». Nous avons obtenu un total de 72 réponses, dont 33 répondaient aux critères d'inclusion. L'analyse se porte donc sur ces derniers.

Résultats

Nous allons dans un premier temps présenter les résultats de la procédure expérimentale FOCUS, puis nous détaillerons les données du questionnaire adressé aux orthophonistes.

I. Procédure expérimentale FOCUS

Cette procédure expérimentale nous a permis de recueillir des données quantitatives qui nous permettront par la suite d'évaluer l'efficacité du boîtier FOCUS.

Nous avons collecté un nombre important de données et avons décidé de nous concentrer sur certaines pour effectuer des analyses statistiques afin de tirer des conclusions quant à l'impact d'exercices de respiration couplés à du biofeedback sur la diminution de l'anxiété mathématique. Nous avons également analysé l'échantillon total de l'étude pour déterminer les relations entre anxiété et performances, mais également en s'intéressant à l'impact du genre sur ces résultats. Puis nous avons analysé l'impact des ruminations sur la MDT et la boucle phonologique. Enfin, nous avons examiné si nous reproduisons les effets observés dans l'étude de Villette (2017) selon lesquels une année d'enseignement des mathématiques est suffisante pour que la relation entre performances mathématiques et anxiété naisse.

Afin de permettre une meilleure compréhension de ces résultats, nous rappelons la signification des seuils statistiques de la corrélation de Pearson utilisée pour traiter nos données. Le coefficient de corrélation linéaire de deux caractères X et Y varie entre -1 et +1. Son interprétation est la suivante :

- Si r est proche de 0, il n'y a pas de relation linéaire entre X et Y ;
- Si r est proche de -1, il existe une forte relation linéaire négative entre X et Y ;
- Si r est proche de 1, il existe une forte relation linéaire positive entre X et Y.

Le test de signification de la pente ou du r permet de décider si la corrélation observée entre X et Y existe au sein de la population à l'étude. Rappelons que le seuil de signification est de 0,05. Si Sig. (ou valeur de p) est supérieure à 0,05, la corrélation observée entre X et Y est due au hasard. Si Sig. (ou valeur de p) est inférieure à 0,05, une corrélation entre X et Y existe au sein de la population.

1. Anxiété mathématique

L'anxiété mathématique étant décrite comme plus élevée chez les filles dans la littérature scientifique et ce significativement (Villette, 2017), nous avons cherché à savoir si nous pouvons observer cette différence entre filles et garçons sur l'échantillon total du projet FOCUS, soit 156 participants (Tableau 2). Nous avons pour ce faire comparé les performances en mathématique selon le genre. Enfin, nous avons analysé la corrélation entre anxiété trait et anxiété mathématique, entre anxiété et performances mathématiques et enfin entre anxiété et fréquence cardiaque car, comme mentionné dans la littérature, l'anxiété mathématique a un impact sur les performances mathématiques et augmente la fréquence cardiaque.

Tableau 2. Répartition des effectifs de l'échantillon total.

	CP	CE1	CE2	CM1	CM2	Total
Filles	2	54	19	4	11	90
Garçons	5	37	13	2	9	66
Total	7	91	32	6	20	156

1.1. Comparaison de l'anxiété mathématique en fonction du genre

Au niveau de l'anxiété (mesurée par le biais de l'AMAS, la STAI-C et la SNAP-IV), nous n'observons pas de différence significative entre les sexes (Tableau 3), tous niveaux scolaires confondus (soit sur l'échantillon total de l'étude ; N = 156 participants).

Tableau 3. Comparatif des données de l'AMAS, la STAI-C et le SNAP-IV selon le genre.

		Moy. (E.T)	<i>t</i>	Analyse statistique	
				ddl	Sig. (bilatéral)
AMAS	Filles	19.79 (7.77)	.49	154	.62
	Garçons	20.45 (8.66)			
STAI-C	Filles	33.67 (6.76)	-.48	154	.62
	Garçons	33.14 (6.51)			
SNAP IV Anxiété G	Filles	1.60 (.67)	-1.03	148	.30
	Garçons	1.48 (.64)			

1.2. Comparaison des performances mathématiques selon le genre

Le tableau 4 ci-dessous compare les performances mathématiques des filles et des garçons. Les performances mathématiques mesurées par le biais du TRDM chez les garçons (M = 72.51 ; ET = 22.569) sont supérieures aux performances mesurées chez les filles (M = 66.02 ; ET = 18.429) et ce, de manière marginalement significative (t (dl) = 1.963 (152) ; $p = .051$). D'autre part, les performances mathématiques mesurées par le biais du TTR des garçons (M = 10.58 ; ET = 5.019) sont supérieures aux performances des filles (M = 8.87 ; ET = 3.579) et ce, de manière significative (t (dl) = 2.476 (154) ; $p = .014$).

Tableau 4. Comparatif des données TRDM et TTR selon le genre.

		Moy. (E.T)	<i>t</i>	Analyse statistique	
				ddl	Sig. (bilatéral)
TRDM	Filles	66.02 (18.429)	1.963	152	.051
	Garçons	72.51 (22.569)			
TTR	Filles	8.87 (3.579)	2.476	154	.014
	Garçons	10.58 (5.019)			

1.3. Corrélation entre anxiété trait et anxiété mathématique

Les données rapportées dans le tableau 5 montrent que l'anxiété trait (STAI-C) entretient une corrélation positive forte avec l'anxiété mathématique (AMAS) et l'anxiété évaluée par le biais du Manikin (respectivement : $r = .535$; $p \leq .001$; $r = .359$; $p \leq .001$). Et l'anxiété mathématique entretient une corrélation positive avec le Manikin stress et le questionnaire hétéroévaluatif SNAP IV (respectivement : $r = .379$; $p \leq .001$ et $r = .163$; $p = .047$). Nous pouvons donc dire que plus l'enfant est anxieux et est perçu comme anxieux par son entourage, plus il présente un score élevé d'anxiété mathématique.

Tableau 5. Corrélation entre questionnaire hétéro et auto évaluatif de l'anxiété.

		STAI-C	AMAS	Manikin Stress	SNAP IV
STAI-C	Corrélation de Pearson*	1	.535	.359	-.186
	Sig. (bilatérale)**	-	.000	.000	.023
AMAS	Corrélation de Pearson*	.535	1	.379	.163
	Sig. (bilatérale)**	.000	-	.000	.047
Manikin Stress	Corrélation de Pearson*	.359	.379	1	.067
	Sig. (bilatérale)**	.000	.000	-	.417
SNAP IV	Corrélation de Pearson*	-.186	.163	.067	1
	Sig. (bilatérale)**	.023	.047	.417	-

* : Corrélation de Pearson aussi notée r

** : Sig. (bilatérale) aussi notée p

1.4. Corrélation anxiété et performances mathématiques

L'anxiété trait et l'anxiété mathématique entretiennent un lien négatif avec les performances au TRDM (respectivement : $r = -.259$; $p = .001$ et $r = -.202$; $p = .012$). D'autre part, l'anxiété trait et l'anxiété mathématique entretiennent un lien négatif avec les performances au TTR (respectivement : $r = -.248$; $p = .002$ et $r = -.222$; $p = .005$) comme observé dans le tableau 6. Nous pouvons donc dire que les enfants présentant des scores élevés aux échelles d'anxiété sont les enfants qui présentent de plus faibles scores aux tests mathématiques.

Tableau 6. Corrélation entre anxiété et performances mathématiques ou fréquence cardiaque.

		TRDM	TTR	Fréquence cardiaque
STAI-C	Corrélation de Pearson	-.259	-.248	.043
	Sig. (bilatérale)	.001	.002	.595
AMAS	Corrélation de Pearson	-.202	-.222	.133
	Sig. (bilatérale)	.012	.005	.099
Stress Manikin	Corrélation de Pearson	-.028	-.084	.188
	Sig. (bilatérale)	.733	.300	.019

1.5. Corrélation entre anxiété et fréquence cardiaque

Nous observons une corrélation entre le stress à la Manikin et la fréquence cardiaque ($r = .188$; $p = 0.19$) dans le tableau 6, ci-dessus. Nous pouvons donc dire que les enfants présentant une fréquence cardiaque élevée sont les enfants qui obtiennent des scores de stress élevés.

2. Relation entre anxiété et performances mathématiques

Nous avons relevé les données issues des élèves des classes de CP et CE1 afin de voir si nos données confirment les résultats de l'étude de Villette (2017) qui avance qu'une année d'enseignements mathématiques est suffisante pour que la relation entre performances mathématiques et anxiété naisse.

Afin de vérifier le lien entre anxiété mathématique et performances mathématiques, nous avons cherché d'éventuelles corrélations entre les tests évaluant l'anxiété (AMAS et STAI-C) et les tests évaluant les performances mathématiques (TRDM et TTR) dans les deux classes.

Tableau 7. Comparaison des données de CP et CE1.

		Échantillon CP				Échantillon CE1			
		AMAS	STAI-C	TRDM	TTR	AMAS	STAI-C	TRDM	TTR
AMAS	Corrélation de Pearson	1	,703	-,191	-,595	1	,524	-,273	-,278
	Sig. (bilatérale)	-	,078	,682	,159	-	,000	,009	,008
STAI-C	Corrélation de Pearson	,703	1	-,027	-,660	,524	1	-,232	-,246
	Sig. (bilatérale)	,078	-	,953	,107	,000	-	,027	,019
TRDM	Corrélation de Pearson	-,191	-,027	1	-,090	-,273	-,232	1	,810
	Sig. (bilatérale)	,682	,953	-	,847	,009	,027	-	,000
TTR	Corrélation de Pearson	-,595	-,660	-,090	1	-,278	-,246	,810	1
	Sig. (bilatérale)	,159	,107	,847	-	,009	,027	.000	-

L'anxiété trait et l'anxiété mathématique entretiennent un lien négatif avec les performances au TRDM (respectivement : $r = -.232$; $p = .027$; $r = -.273$; $p = .009$) et au TTR (respectivement : $r = -.246$; $p = .027$; $r = -.278$; $p = .009$) en CE1 (voir Tableau 7 ci-dessus). Comme dans l'étude de Villette (2017) nous montrons donc qu'une année d'enseignement en mathématiques est suffisante pour que le lien entre performances mathématiques et anxiété naisse.

Cependant, notons que nous relevons une forte corrélation négative entre l'anxiété trait et l'anxiété mathématique avec les performances au TTR en CP (respectivement : $r = -.660$; $r = -.595$), même si ces corrélations ne ressortent pas comme « significatives » ($p \geq .107$), cela peut s'expliquer en raison du tout petit échantillon en classe de CP (sept participants). Notons que ce lien négatif semble apparaître dès quelques mois d'enseignement mathématique, ces passations ayant eu lieu au deuxième trimestre de l'année scolaire (février/mars).

3. Impact des ruminations

Nous avons également analysé l'impact des ruminations sur la boucle phonologique et sur la mémoire de travail sur l'ensemble des 156 participants (cf. Tableau 2 ci-dessus). En effet, Ramirez et al. (2013) avancent que les enfants ayant une grande MDT sont plus affectés par l'anxiété mathématique, car leurs ruminations épuisent les ressources cognitives en MDT qui permettent la bonne performance mathématique.

3.1. Corrélation entre anxiété et empan

Comme indiqué dans le tableau 8 ci-dessous, les scores aux questionnaires de la STAI-C et de l'AMAS présentent une corrélation négative avec la MCD (respectivement : $r = -.224$; $p = .005$; $r = -.275$; $p = .001$) et l'AMAS avec la MCI ($r = -.185$; $p = .021$).

Tableau 8. Corrélation de l'anxiété et des empan.

		MCD	MCI
STAI-C	Corrélation de Pearson	-.224	-.154
	Sig. (bilatérale)	.005	.055
AMAS	Corrélation de Pearson	-.275	-.185
	Sig. (bilatérale)	.001	.021

L'anxiété trait semble donc entretenir un lien négatif avec les performances en MCD (mémoire de chiffre direct) alors que l'anxiété mathématique entretient un lien négatif à la fois avec la MCD et également avec la MCI (mémoire de chiffre indirect).

3.2. Corrélation entre empan et performances mathématiques

Nous observons dans le tableau 9 une corrélation positive entre la MCD et la MCI et les performances en mathématiques mesurées par le biais du TRDM (respectivement : $r = .182$; $p = .024$ et $r = .224$; $p = .005$). Nous observons également une corrélation positive entre la MCD et la MCI et les performances en mathématiques mesurées par le biais du TTR (respectivement : $r = .208$; $p = .009$ et $r = .204$; $p = .011$).

Tableau 9. Corrélations entre empan et performances mathématiques.

		TRDM	TTR
MCD	Corrélation de Pearson	.182	.208
	Sig. (bilatérale)	.024	.009
MCI	Corrélation de Pearson	.224	.204
	Sig. (bilatérale)	.005	.011

4. Efficacité des exercices de respiration couplés à l'outil FOCUS

Nous avons cherché à confirmer l'impact des exercices de respiration couplés à du biofeedback sur la réduction de l'anxiété mathématique auprès de participants en classe de CE2 (Tableau 10). Pour ce faire, nous avons analysé trois caractéristiques : nous avons comparé les résultats aux épreuves de TRDM et de TTR, nous avons comparé les épreuves de barrage et de code de la WISC-V en prétest et en post-test en fonction des groupes contrôle ou FOCUS, enfin nous avons comparé la fréquence cardiaque entre prétest et post-test en fonction des groupes contrôle et FOCUS.

Tableau 10. Répartition des effectifs.

Échantillons	1		2		3		4		Total
	F	C	F	C	F	C	F	C	
Groupe FOCUS (F) ou contrôle (C)									-
Filles	4	3	1	3	2	2	-	-	19
Garçons	4	1	5	1	3	2	1	-	13
Âge moyen en mois	101,1		97,7		100,5		102		100,3

Concernant le recrutement de l'échantillon, les enfants ont été aléatoirement affectés soit à la condition contrôle soit à la condition FOCUS. Ceci permet de vérifier que les effets observés (i.e., réduction de l'anxiété mathématique) sont en lien avec notre intervention.

4.1. Comparaison épreuves prétest et post-test

Nous relevons une différence entre la moyenne d'âge des groupes contrôle et FOCUS dans l'annexe 10 (respectivement : $M = 101.92$; $ET = 3.915$ et $M = 98.63$; $ET = 3.337$; $t = -2.606$; $p = .014$). Les groupes ne sont pas homogènes.

Pour le groupe contrôle, nous observons une augmentation de la Valence (bien-être) et une baisse de l’Arousal (agitation) et du Stress au Self Assessment Manikin.

Pour le groupe FOCUS, nous observons une baisse de la fréquence cardiaque en post-test.

Pour les deux groupes, nous observons une baisse des affects négatifs de la PANAS. De plus, nous relevons une baisse de la moyenne à l’épreuve de *Barrage* de la WISC V (plus importante pour le groupe FOCUS). Enfin, nous observons une augmentation de la moyenne à l’épreuve de *Code*.

Cependant, toutes ces données issues du tableau en annexe 10 ne mettent pas en évidence d’effet significatif (car p valeur > 0.05 pour chacune de ces observations).

II. Questionnaire d’investigation auprès d’orthophonistes

Ce questionnaire nous a permis de recueillir des données quantitatives et qualitatives relatives aux connaissances et aux pratiques des orthophonistes.

1. Composition de l’échantillon

L’échantillon est constitué de 33 participants (Tableau 11). Les orthophonistes ayant répondu aux questionnaires ont été diplômés entre 1980 et 2019. Tous prennent en soin des patients pour rééducation des troubles de la cognition mathématique (AMO 10.2 : dyscalculie, troubles du raisonnement logico-mathématique...). Ces patients représentent en moyenne 23,9% de leur patientèle.

Tableau 11. Répartition des répondants par année d’obtention du certificat de capacité en orthophonie.

> 40 ans	> 30 ans	> 20 ans	> 10 ans	> 5 ans	< 5 ans
1	3	13	6	4	6

2. Connaissance de l’anxiété mathématique

Parmi les répondants, 51,6% connaissent ou ont entendu parler de l’anxiété mathématique. Les participants connaissant l’anxiété mathématique ont découvert cette notion par le biais de leur formation initiale (23%), de formations complémentaires (47%), par la lecture d’articles (12%), par l’observation clinique de patients (6%) ou encore par d’autres moyens non renseignés (12%).

Une définition de l’anxiété mathématique a été proposée au groupe de sondés ne la connaissant pas. À la lecture de cette définition, 73% des participants estiment que certains de leurs patients présentent de l’anxiété mathématique.

D’après les répondants, les CFUO de Lille, Toulouse et Montpellier abordent la notion d’anxiété mathématique au cours de la formation initiale. Cependant, aucun de ces CFUO ne propose de protocole ou méthode visant la réduction de cette anxiété.

3. Patients pris en soin en situation d'anxiété mathématique

Parmi les répondants connaissant l'anxiété mathématique, 64% d'entre eux prennent en soin des patients dans cette situation. Ces patients ont entre 6 et 30 ans.

4. Observation clinique des symptômes

Par ce questionnaire nous avons cherché à recenser les symptômes observés par les orthophonistes prenant en soin des patients en situation d'anxiété mathématique. Nous avons pu relever divers symptômes : 36% des patients présentent des symptômes physiologiques visibles de type : transpiration, mains moites, rougeurs, tension musculaire. La totalité de ces patients manifeste un évitement des situations mathématiques ou un manque de participation. Nous relevons que 9% expriment leur anxiété par des pleurs. Enfin, tous verbalisent leur anxiété.

Parmi ces patients en proie à l'anxiété mathématique, 45% présentent des pensées intrusives. Nous nous sommes intéressés au détail de ces pensées intrusives. Nous avons alors repris les différentes pensées intrusives relevées par Hunt et al. (2014) au cours de l'étude citée précédemment. Les répondants pouvaient donc choisir entre les différentes ruminations suivantes : " l'échec ", " le jugement d'autrui ", " la méthode de résolution du problème", " les expériences mathématiques passées de l'individu ", " peur sans lien avec les mathématiques " et " les changements physiologiques" (Figure 1). Une zone de texte libre leur était également proposée afin d'ajouter des pensées qui ne figureraient pas dans l'étude de Hunt et al. (2014), aucun participant ne l'a complétée.

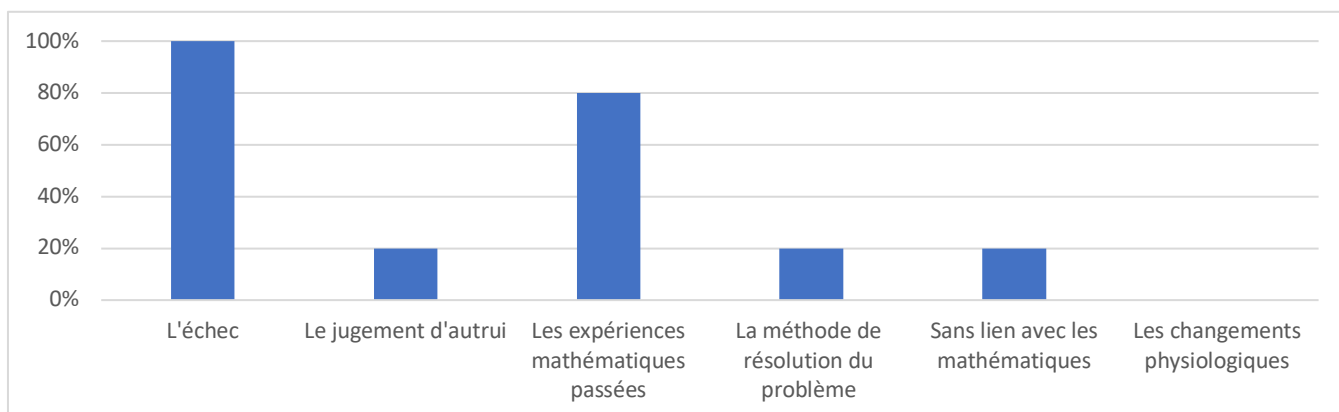


Figure 1. Pensées intrusives.

Nous avons également cherché à savoir à quel moment apparaît l'anxiété mathématique en cabinet orthophonique. Les sondés l'observent auprès de leurs patients soit en situation de bilan uniquement (18%), soit en séance orthophonique uniquement (9%), ou au cours des deux (73%).

5. Remédiations mises en place

Ce questionnaire nous a permis d'établir un constat concernant les remédiations à l'anxiété mathématique apportées par nos répondants. Nous observons que 81% des orthophonistes prenant en soin des patients en situation d'anxiété mathématique tentent de réduire l'anxiété en situation de bilan et de séances par différentes méthodes. Nous relevons notamment que cela s'effectue par de la

valorisation, par des techniques psychocorporelles, en dédramatisant la situation, en passant par le mode sans erreur et en mettant le patient en situation de réussite, à l'aide de supports visuels, par le découpage du problème, par l'étayage, en passant par le jeu et l'humour, en laissant le patient s'autoriser des erreurs, en passant par la métacognition au cours des séances, par l'explication du trouble et des aides qu'ils vont apporter au patient et enfin par une bonne relation thérapeutique à travers une relation de confiance privilégiée (bienveillance et absence de jugement). Dans un but de généralisation, 45% des praticiens proposent ces outils à la maison.

Les répondants rapportent que ces méthodes diminuent significativement l'anxiété mathématique. Cependant, la plupart ne voient pas de généralisation à la vie quotidienne ni à l'école.

6. Anxiété mathématique et pratique orthophonique

Inévitablement nous avons voulu sonder les participants quant à la place de l'anxiété mathématique dans le cadre de la prise en soin orthophonique. Les résultats se révèlent très différents en fonction des groupes de répondants (Figure 2) : ceux connaissant l'anxiété mathématique estiment qu'elle relève de la prise en soin orthophonique contrairement au groupe de répondants ne connaissant pas l'anxiété mathématique.

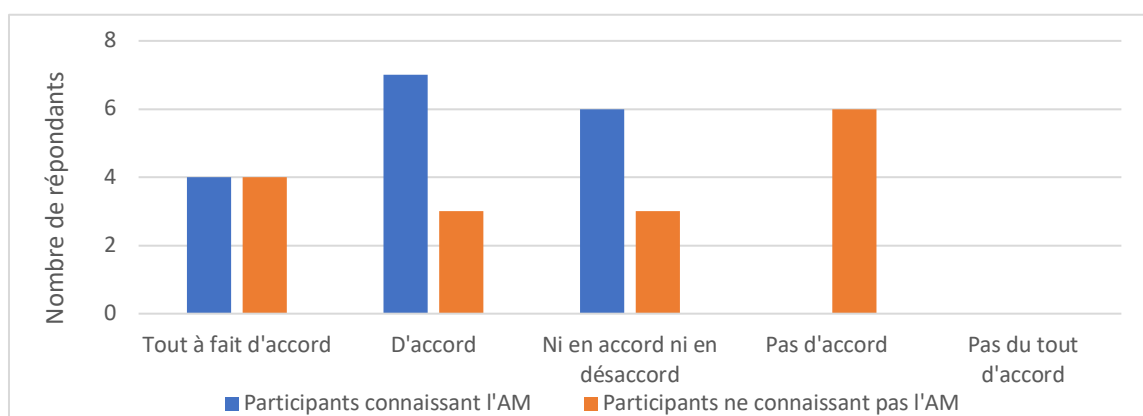


Figure 2. Place de l'anxiété mathématique dans la prise en soin orthophonique.

Plusieurs répondants témoignent qu'il leur est arrivé de réorienter le patient vers des psychologues, des psychomotriciens et parfois des psychiatres.

Au cours de cette enquête, nous souhaitions également faire un état des lieux des connaissances quant aux outils évaluant l'anxiété mathématique. Au total, 17,6% des répondants connaissent des moyens d'évaluer l'anxiété mathématique et 2/3 d'entre eux y ont recours. Ces praticiens citent : l'EVAM 6-9 (Villette, 2017), la mAMAS (Carey, 2017) ou l'AMAS (Hopko et al., 2003).

Enfin, la littérature scientifique débat de la relation entre performance et anxiété. Nous avons donc voulu savoir quelle était la perception des orthophonistes quant à cette question : 17,6% pensent que c'est l'anxiété mathématique qui entraîne une baisse des performances en mathématiques, 82,4% pensent qu'il s'agit d'une relation bidirectionnelle dans laquelle l'anxiété et les performances mathématiques s'influencent mutuellement, enfin aucun sondé ne pense que les performances arithmétiques influent sur l'anxiété mathématique.

7. Cohérence cardiaque et orthophonie

La cohérence cardiaque émerge dans la littérature scientifique, notre question ici était de savoir si les orthophonistes sondés en avaient déjà entendu parler et s'ils l'utilisaient dans leur pratique orthophonique. Ainsi, 57% des répondants certifient connaître la cohérence cardiaque, ces derniers l'ont découverte par différents canaux : naissant de la curiosité personnelle par la lecture d'articles scientifiques, dans le cadre de formations complémentaires, dans le cadre de rééducation vocale, au travers d'échanges professionnels et interprofessionnels, dans le cadre de la gestion de la douleur, au travers de la pratique de la sophrologie. Quatre répondants ont personnellement recours à la pratique de la cohérence cardiaque.

De plus, nous avons voulu sonder les participants quant à la place de la cohérence cardiaque dans la prise en soin orthophonique (Figure 3).

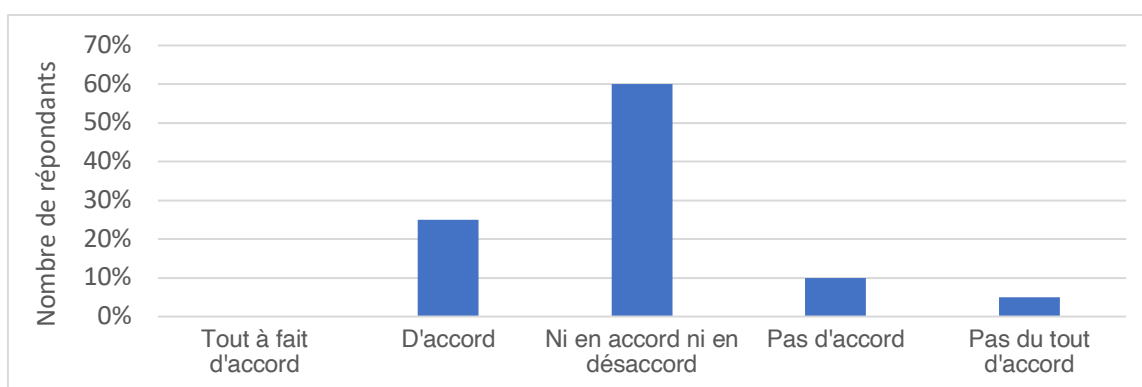


Figure 3. La cohérence cardiaque au sein de la prise en soin orthophonique.

Parmi les sondés prenant en soin des patients présentant une anxiété mathématique, 41% pensent pouvoir appliquer la cohérence cardiaque à leur prise en soin. Le reste des répondants pensent ne pas pouvoir l'appliquer à leur prise en soin pour plusieurs raisons : du fait de leur méconnaissance sur le sujet, du fait qu'ils n'aient pas suivi de formation, mais également parce que la durée d'une séance orthophonique est trop courte pour laisser place à ce temps de cohérence cardiaque. Enfin, pour certains la cohérence cardiaque est trop éloignée des prérogatives orthophoniques et ne relève donc pas du soin orthophonique. Les praticiens utilisant la cohérence cardiaque citent notamment son utilisation auprès de patients pris en soin pour du bégaiement, mais également pour gérer le stress ou les crises d'angoisse.

8. Formations complémentaires

À travers ce sondage, nous avons cherché à cerner la demande des orthophonistes quant à une sensibilisation à l'anxiété mathématique. Ainsi, nous avons pu observer que 52,9% des sondés envisageraient de s'inscrire à une formation sur l'anxiété mathématique. Leurs raisons étaient nombreuses, en voici quelques-unes : cette formation aurait un intérêt pour apprendre à leurs patients à mieux gérer leur anxiété, pour mieux connaître la problématique et les ressources que les orthophonistes peuvent mettre en place, pour mieux connaître les outils d'évaluation et de prise en soin, pour connaître les signes à repérer, pour avoir des exercices ou méthodes de diminution de l'anxiété. Certains rapportent vouloir une formation avec une approche scientifique, écologique, validée. D'autres sondés précisent vouloir une formation orthophonique et non psychologique, elle serait

alors basée sur les troubles des patients et non sur l'anxiété générale. Les sondés ayant répondu négativement justifient leur choix par le fait qu'ils considèrent que cela relève du travail psychologique et non orthophonique. Enfin, ce questionnaire nous a également permis de cerner l'intérêt des répondants pour une formation sur l'anxiété générale : 41% des répondants seraient intéressés.

Nous avons également réalisé un état des lieux du nombre de praticiens ayant suivi des formations sur l'anxiété, sur la modification des comportements ou encore sur le bien-être et la relaxation. Nous avons pu relever que 5% des répondants sont formés à des méthodes de réduction de l'anxiété (ex : la respiration pneumophonique), 23% à des thérapies ou méthodes visant à modifier le comportement (ex : méthode ABA, gestion mentale, acceptation du bégaiement) et 29% à des méthodes et thérapies visant le bien-être ou la relaxation (ex : thérapie du bégaiement, training autogène, bal-a-vis X, relaxation dans le cadre de prise en soin de la voix, relaxation « les yeux ouverts », ou encore des exercices proposés en amont des rééducations vocales et du bégaiement).

9. L'intérêt du projet FOCUS en orthophonie

À travers ce sondage, nous avons cherché à cerner l'intérêt que ces orthophonistes portent à notre projet FOCUS : 88,8% des participants connaissant l'anxiété mathématique seraient intéressés par l'utilisation d'un outil permettant d'améliorer l'état de bien-être et de détente (dont l'efficacité est scientifiquement prouvée) contre 50% chez les participants ne connaissant pas l'anxiété mathématique. Parmi les répondants intéressés par le protocole : 9% envisagent de l'utiliser en bilan, 82% en séance (à la condition que l'utilisation soit courte et réalisable en début de séance) et 9% le préféreraient en accompagnement à la maison ou à l'école.

Discussion

I. Procédure expérimentale FOCUS

L'objectif de cette procédure expérimentale était de vérifier des relations et corrélations concernant l'anxiété mathématique relevées dans la littérature scientifique et également de valider l'efficacité de l'outil FOCUS. Ce dernier avait pour ambition de réduire l'anxiété mathématique grâce à une méthode de cohérence cardiaque associée à un biofeedback visuel.

1. Interprétation des résultats

1.1. Confrontation à la littérature

Les résultats obtenus sont en accord avec ceux relevés précédemment dans la littérature, nous observons une corrélation forte entre anxiété trait et anxiété mathématique ainsi qu'une corrélation négative entre anxiété mathématique et performances mathématiques (plus l'enfant est anxieux plus ses performances mathématiques sont basses).

Contrairement aux hypothèses que nous avons émises, nous observons sur notre échantillon, les niveaux scolaires confondus, de meilleures performances mathématiques de la part des garçons par rapport aux filles. Au sein de notre échantillon, nous n'observons pas de différence selon le genre

concernant l'anxiété mathématique ni l'anxiété générale. Ces observations vont à l'encontre des données relevées dans la littérature (Villette, 2017). À cela nous pouvons proposer une hypothèse explicative : l'inégalité des participants filles-garçons (90 filles contre 66 garçons). Cependant ce n'est pas parce que nous ne l'observons pas dans notre population, que cette différence n'existe pas. En effet, notre échantillon peut ne pas être représentatif car nous avons des participants venant de milieux aisés où les stéréotypes de genres ne sont peut-être pas véhiculés ou le sont moins. Cela pourrait aussi être expliqué par une évolution des mentalités.

De plus, l'anxiété trait et l'anxiété mathématique entretiennent un lien négatif avec les performances mathématiques en CE1. Ce constat est en accord avec l'étude de Villette (2017) : la relation entre l'anxiété et les performances mathématiques est présente dès le CE1 après une année de scolarisation en CP. Cependant nous observons une corrélation négative forte entre les performances au TTR et l'anxiété mathématique pour le groupe de la classe de CP. Bien qu'elle ne soit pas significative (car $p > 107$), cela peut s'expliquer par la petite taille de l'échantillon. Cet effet est donc à confirmer sur un plus grand échantillon. Une question subsiste, est-ce que c'est l'anxiété qui fait qu'on devient moins bon en mathématique ou est-ce le fait qu'on soit moins bon en mathématique qui nous rend anxieux ? En réponse à cette question, nous proposons d'augmenter la taille de l'échantillon en CP et de réaliser des études longitudinales pour pouvoir démêler ce lien.

Enfin, nous confirmons l'hypothèse selon laquelle l'anxiété mathématique et les ruminations ont un impact sur la boucle phonologique (corrélation négative entre anxiété mathématique et MCI), de même que l'anxiété trait. Effectivement, les participants anxieux mathématiques ou présentant une anxiété trait présentent de moins bonnes capacités de leur boucle phonologique, nous pouvons donc supposer qu'ils subissent une surcharge cognitive due aux ruminations. De la même manière, ce serait pour cette même raison que l'anxiété mathématique entretient un lien négatif avec la MDT. Enfin, la corrélation positive entre empan et performances mathématiques laisse penser que les ruminations entraînent une surcharge cognitive et diminuent les performances en mathématiques.

1.2. Efficacité de la procédure expérimentale FOCUS

Concernant l'utilisation de l'outil FOCUS et plus précisément sur notre échantillon de CE2, il existe une divergence entre notre hypothèse de départ et les résultats obtenus. Les résultats laissent supposer que les exercices de respiration couplés à l'utilisation de l'outil FOCUS n'ont pas d'impact significatif sur la réduction de l'anxiété mathématique. Nous avons fait plusieurs constats que nous allons détailler ci-dessous, cependant aucune différence n'est significative (car p valeur $>$ à 0.05).

D'une part, le groupe FOCUS observe un impact positif, mais non significatif, de l'utilisation de l'outil FOCUS, notamment par une baisse des affects négatifs évalués par la PANAS, une augmentation du score à l'épreuve de Code de la WISC V en post-test et enfin une baisse de la fréquence cardiaque qui est significative d'une diminution de l'anxiété. Cependant l'épreuve de barrage de la WISC V est quant à elle chutée (phénomène que nous n'attendions pas).

D'un autre côté, le groupe contrôle observe un impact positif, mais non significatif, de la procédure, notamment par la baisse du score de l'arousal (baisse de l'agitation) et du stress au

SAM, également par la baisse des affects négatifs à la PANAS et enfin par l'augmentation du score à l'épreuve de Code de la WISC V en post-test. Cependant nous avons relevé une baisse de la valence (bien-être), nous n'attendions pas cette observation.

À ces résultats en contradiction avec notre hypothèse de départ, nous proposons une hypothèse explicative majeure : nos groupes, contrôle et FOCUS, ne sont pas équilibrés (différence importante de la moyenne d'âge entre les deux groupes). Pour pouvoir se positionner, il faudrait augmenter l'échantillon afin que ces groupes soient homogènes au niveau du prétest et donc avoir la capacité de mesurer plus objectivement les gains dans chacune des conditions FOCUS et contrôle. Nos résultats sont donc à nuancer, leur valeur p étant supérieure à 0.05. Cette expérimentation a par ailleurs été réalisée sur d'autres tranches d'âge et les effets y étaient différents et significatifs.

2. Limites et perspectives

Nous avons rencontré plusieurs limites méthodologiques au cours de notre étude. En premier lieu, le choix de l'activité effectuée par le groupe contrôle. Dans une expérience scientifique, le groupe contrôle est constitué de participants ne recevant pas le protocole testé. Les groupes contrôle et expérimental sont comparés et cela permet d'évaluer l'effet du protocole reçu. Ici la question était d'évaluer l'efficacité « absolue » de la procédure, le groupe contrôle ne devait donc recevoir aucun protocole actif. Or Carsley et al. (2015) ont démontré que la tâche de coloriage de mandala diminue significativement l'anxiété (tout genre confondu). Le mandala consiste en soi en un protocole de réduction de l'anxiété. Le mandala permet de se recentrer et de se détendre, car l'enfant focalise toute son attention sur cette tâche. Il existe un impact de l'activité de coloriage de mandala sur la diminution de l'anxiété. Ainsi, pour de futures recherches, il s'agirait donc de contraster la tâche de biofeedback de cohérence cardiaque avec une autre activité que le mandala.

Rappelons que l'objectif initial de cette recherche était de vérifier l'impact d'une procédure de biofeedback couplé à des exercices de cohérence cardiaque sur la réduction de l'anxiété mathématique. Cependant, notre procédure évaluait l'anxiété mathématique, par le questionnaire mAMAS, en prétest, mais pas en post-test. En effet, ce questionnaire évalue l'anxiété mathématique par des mises en situation et non par une évaluation à l'instant t . Les résultats relevés ne peuvent donc pas affirmer directement de l'efficacité de l'intervention sur l'anxiété mathématique, mais plutôt sur l'anxiété état. La question est alors la suivante : la diminution de l'anxiété état est-elle également signe d'une diminution de l'anxiété mathématique ?

De plus, pour vérifier l'impact du protocole FOCUS nous avons fait face à une limite concernant le nombre de participants. Effectivement, la taille de notre échantillon de CE2 et son manque d'homogénéité représentent un frein à cette étude préliminaire. Cependant, la situation sanitaire exceptionnelle liée au COVID-19 a considérablement réduit le nombre de passations initialement espéré, soit 40 participants par étudiante. Les restrictions sanitaires ont rendu l'accès aux établissements scolaires difficile, les intervenants extérieurs n'étant plus autorisés dans certaines écoles élémentaires. Pour cette raison, nous avons pris l'initiative de mélanger les échantillons de trois étudiantes travaillant sur le même projet et arrivons à un total de 32 participants dans la classe initialement étudiée (CE2).

De la même façon, ces échantillons inégaux et trop petits ont modéré notre étude quant à l'observation de la relation naissante entre anxiété mathématique et performances mathématiques (Villette, 2017). Effectivement, l'échantillon de CP était significativement plus petit que celui de CE1 qui nous servait de point de comparaison. Cette juxtaposition entre CP et CE1 nécessite également un suivi longitudinal. Il semble indispensable de suivre ces participants en classe de CP puis à leur passage en classes de CE1 et de CE2.

Enfin, d'un point de vue technologique, nous avons rencontré plusieurs problèmes techniques avec l'outil FOCUS. En effet, il est parfois arrivé que la lumière du boîtier soit moins intense et que ses vibrations (présentes à l'inspiration) soient parfois absentes ou irrégulières. Or la lumière est à elle seule le biofeedback de cet outil. Ces incidents ont été rapportés au technicien qui corrigera les prototypes. Ces derniers sont en effet les premiers prototypes de l'expérimentation.

Nous envisageons différentes pistes pour de futures recherches. Par exemple, la littérature aborde la cohérence cardiaque sous la forme d'entraînements hebdomadaires sur une période de plusieurs semaines. Pour être en accord avec la littérature scientifique et permettre un impact du protocole sur la diminution de l'anxiété mathématique, il semble nécessaire de poursuivre la recherche en proposant un suivi longitudinal sur une durée plus importante.

II. Questionnaire d'investigation auprès d'orthophonistes

L'objectif de ce questionnaire était de réaliser un état des lieux des connaissances des orthophonistes sur l'anxiété mathématique et la cohérence cardiaque, mais également de sonder leur avis quant à leur place dans la prise en soin orthophonique.

1. Analyse de l'échantillon

L'échantillon est représentatif de praticiens ayant différentes années d'expérience clinique et (88%) ayant suivi des formations complémentaires en cognition mathématique.

2. Rapport avec les hypothèses

Notre première hypothèse avançait qu'il existerait une méconnaissance de l'anxiété mathématique au sein de la population orthophonique prenant en soin des patients en cognition mathématique et par conséquent un besoin de sensibilisation à cette notion. Il existe une convergence entre notre hypothèse de départ et les résultats recueillis. Effectivement, 48,4% des répondants ne connaissent pas l'anxiété mathématique. Les participants connaissant cette notion l'ont majoritairement abordée par le biais de formations complémentaires et très peu par le biais de leur formation initiale en CFUO (celle-ci n'évoquant pas sa prise en soin). Très peu savent l'évaluer. Ces participants ne connaissant pas l'anxiété mathématique ont plus tendance à penser ne pas devoir la prendre en soin que les praticiens la connaissant. Or, après leur avoir présenté une définition de cette notion, la majorité estime que certains de leurs patients sont susceptibles d'être anxieux en mathématiques. Ainsi, cette méconnaissance entraîne un avis négatif quant à la place de l'anxiété mathématique dans la prise en soin orthophonique, mais aussi un risque de passer à côté d'un patient anxieux mathématique. Ces différents éléments soulignent un besoin d'information

quant à la notion d'anxiété mathématique, notamment en formation initiale. Pour la détecter, il faut en maîtriser sa définition et sa dimension psychosomatique.

Notre deuxième hypothèse proposait que les symptômes de l'anxiété mathématique observés par nos répondants au cours de prises en soin orthophoniques soient identiques à ceux relevés dans la littérature scientifique. Ici encore, il existe un accord entre notre hypothèse et les résultats recueillis. En effet, ces symptômes au sein du cabinet orthophonique sont fidèles à ceux recensés dans la littérature : évitement ou manque de participation, verbalisation de l'anxiété, symptômes visibles (de type transpiration, mains moites, rougeurs, tension musculaire, etc.), pleurs, ou encore pensées intrusives. Les données recueillies permettent d'affirmer que tous les patients pris en soin subissent des pensées intrusives portant sur la peur d'échouer et le fait de commettre des erreurs. L'étude de Hunt et al. (2014) faisait un constat similaire aux observations de nos répondants, en révélant que la pensée intrusive la plus fréquente repose sur le fait de commettre des erreurs. Hunt observait également des pensées intrusives portant sur la méthode de résolution du problème et sur le jugement d'autrui, ces données sont retrouvées dans les observations de nos répondants.

Nous apprenons également que la majorité des sondés (82%) observe une relation bidirectionnelle entre performances mathématiques et anxiété mathématique au contraire de la littérature qui continue d'étudier cette relation.

Enfin, notre dernière hypothèse se portait sur la place de l'anxiété mathématique et de la cohérence cardiaque dans la prise en soin orthophonique. Nous nous attendions à ce que la majorité des orthophonistes estiment que l'anxiété mathématique et la cohérence cardiaque n'aient pas leur place dans cette prise en soin. À cette question nous répondons qu'il existe une divergence entre les résultats attendus et ceux obtenus. Effectivement, plus de la moitié des orthophonistes connaissant la notion l'anxiété mathématique jugent qu'elle a sa place dans la prise en soin orthophonique. Au contraire, les orthophonistes ne connaissant pas l'anxiété mathématique sont nombreux à estimer que cette dernière ne relève pas du soin orthophonique. Cette observation laisse à penser que la méconnaissance de l'anxiété mathématique entraîne un désengagement dans sa prise en soin.

D'un autre côté, nous avons appris que plus de la moitié des sondés connaissant l'anxiété mathématique prennent en soin des patients dans cette situation. L'anxiété mathématique représente donc une réalité clinique en orthophonie. La plupart de ces praticiens essaient d'y remédier par des moyens psychologiques, métacognitifs, psychocorporels, par des aides visuelles et par une relation thérapeutique adéquate. Ces praticiens jugent donc que l'anxiété mathématique a sa place dans leur prise en soin et envisageraient de s'inscrire à une formation sur l'anxiété mathématique. Enfin, les avis restent mitigés quant à la cohérence cardiaque au sein des sondés ne connaissant pas cette notion. Cette méconnaissance entraîne un avis défavorable quant à cette pratique.

3. Limites et perspectives

Dans le but d'avoir un échantillon plus représentatif de la population orthophonique en France, nous pourrions poursuivre la diffusion du questionnaire pour obtenir davantage de répondants. Il serait également intéressant d'adresser le questionnaire à des orthophonistes ne prenant pas en soin de patients en cognition mathématique pour avoir un échantillon représentatif des orthophonistes, toutes pathologies confondues.

Plusieurs limites de ce questionnaire reposent sur des imperfections méthodologiques. Notamment dans la création du questionnaire, nous avons commis une erreur de réalisation des sous-parties, les questions concernant la place de la cohérence cardiaque au sein de la prise en soin orthophonique n'ont été proposées qu'au groupe ne connaissant pas l'anxiété mathématique. Nous regrettons également l'absence d'un champ de commentaire libre pour les répondants afin de collecter des informations qualitatives complémentaires qui pourraient être enrichissantes.

III. Apport pour la pratique orthophonique

1. Apport de FOCUS

Une fois que des ajustements seront effectués pour rendre l'outil FOCUS effectif et que des études complémentaires seront réalisées, ce dernier permettra un apport pour la pratique orthophonique. Savoir si le patient est hautement anxieux en mathématique permet de juger si ses résultats aux différentes épreuves du bilan sont biaisés ou non par l'anxiété. Les enfants ayant des troubles des apprentissages mathématiques (TAM) peuvent présenter de l'anxiété mathématique, il faut savoir les différencier. En évaluant l'anxiété mathématique du patient avant le bilan, nous pourrions lui proposer, dans le cas où il serait anxieux, d'utiliser l'outil FOCUS afin de réduire son anxiété et de permettre des résultats plus fidèles à ses capacités réelles (sans impact de l'anxiété).

Cette étude souligne la nécessité de poursuivre la recherche sur les moyens de remédiation de l'anxiété mathématique pour les proposer aux praticiens qui rencontrent cette situation auprès de leurs patients. Et notamment au sein de la prise en soin orthophonique, car l'anxiété mathématique est une réalité clinique au sein des cabinets orthophoniques.

2. Apport du questionnaire

Cette enquête a permis de mettre en avant la nécessité d'informer et de former les orthophonistes sur l'anxiété mathématique.

Enfin, FOCUS a des potentiels utilisateurs parmi la population orthophonique. En effet, la majorité des répondants seraient intéressés par l'utilisation d'un outil de réduction de l'anxiété mathématique scientifiquement validé auprès de leurs patients, notamment en condition de séance.

Conclusion

L'objectif de notre étude était double. Nous avons mené deux recherches en parallèle : une portant sur l'efficacité d'une procédure de réduction de l'anxiété mathématique et une visant à réaliser un état des lieux des connaissances des orthophonistes quant à l'anxiété mathématique, la cohérence cardiaque et leur pratique clinique.

La procédure expérimentale avait pour objectif la validation d'un protocole de réduction de l'anxiété mathématique utilisant un boîtier avec un capteur de fréquence cardiaque associé à du biofeedback visuel et à la méthode de cohérence cardiaque.

De ces résultats découlent plusieurs constats concernant l'anxiété mathématique. Il existe un lien positif entre l'anxiété trait et l'anxiété mathématique. Contrairement à la littérature, dans notre échantillon, nous ne notons pas de différence de genre quant à l'anxiété mathématique. Cependant, en accord avec la littérature, nos participants anxieux (mathématique et trait) ont de moins bonnes performances mathématiques que ceux moins anxieux. Enfin, les échantillons de CP et CE1 nous permettent d'affirmer qu'une année d'enseignement des mathématiques est suffisante pour que la relation entre anxiété et performances mathématiques soit observable, cependant il est nécessaire de poursuivre l'étude de façon longitudinale sur un échantillon plus ample.

Concernant les ruminations, ces dernières impactent la boucle phonologique et la mémoire de travail. De plus, les participants ayant un grand empan ont de meilleures performances mathématiques que ceux ayant un empan faible.

Quant à l'efficacité de la procédure expérimentale, nous n'observons pas de gain entre prétest et post-test quel que soit le groupe : contrôle ou FOCUS. Cependant, nos groupes n'étant pas homogènes, il s'agira de poursuivre l'étude de façon plus équilibrée.

Le questionnaire avait pour objectif de réaliser un état des lieux des connaissances et des pratiques orthophoniques quant à l'anxiété mathématique auprès d'orthophonistes. De notre problématique découlaient trois hypothèses.

Ainsi à la question de savoir si les orthophonistes avaient des connaissances quant à l'anxiété mathématique, nous répondons qu'il existe un réel besoin de sensibilisation à cette notion au sein de cette population cible.

De plus, le questionnaire a mis en évidence que les symptômes de l'anxiété mathématique dans la prise en soin orthophonique sont fidèles à ceux décrits dans la littérature scientifique.

Enfin, ce questionnaire a permis de révéler que plus de la moitié des répondants estiment que l'anxiété mathématique a sa place au sein de la prise en soin et que certains utilisent la méthode de cohérence cardiaque dans leur pratique pour d'autres problématiques que l'anxiété mathématique.

Cette étude apporte des premiers éléments d'ordre général sur les conditions d'utilisation du protocole FOCUS et sur le ressenti des praticiens qui pourraient l'utiliser. Les réflexions et études à mener sur ce sujet et les différentes problématiques qui y sont liées sont encore multiples.

Bibliographie

- Amon, K. L., & Campbell, A. (2008). Can Children with AD/HD Learn Relaxation and Breathing Techniques through Biofeedback Video Games?. *Australian Journal of Educational & Developmental Psychology*, 8, 72-84.
https://www.researchgate.net/publication/228419039_Can_children_with_ADHD_learn_relaxation_and_breathing_techniques_through_biofeedback_video_games
- Ashcraft, M. H., & Kirk, E. P. (2001). The relationships among working memory, math anxiety, and performance. *Journal of experimental psychology: General*, 130(2), 224.
<https://doi.org/10.1037/0096-3445.130.2.224>
- Ashcraft, M. H. (2002). Math anxiety: Personal, educational, and cognitive consequences. *Current directions in psychological science*, 11(5), 181-185. <https://doi.org/10.1111/1467-8721.00196>
- Ashcraft, M. H., & Krause, J. A. (2007). Working memory, math performance, and math anxiety. *Psychonomic bulletin & review*, 14(2), 243-248. <https://doi.org/10.3758/BF03194059>
- Ashcraft, M. H., & Moore, A. M. (2009). Mathematics anxiety and the affective drop in performance. *Journal of Psychoeducational assessment*, 27(3), 197-205.
<https://doi.org/10.1177/0734282908330580>
- Beilock, S. L., Gunderson, E. A., Ramirez, G., & Levine, S. C. (2010). Female teachers' math anxiety affects girls' math achievement. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(5), 1860-1863. <https://doi.org/10.1073/pnas.0910967107>
- Bynion, T. M., & Feldner, M. T. (2017). Self-assessment manikin. *Encyclopedia of personality and individual differences*, 1-3.
- Caci, H. (2008). SNAP-IV Instructions pour la cotation, version française.
- Carey, E., Hill, F., Devine, A., & Szűcs, D. (2016). The chicken or the egg? The direction of the relationship between mathematics anxiety and mathematics performance. *Frontiers in psychology*, 6, 1987. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01987>
- Carey, E., Hill, F., Devine, A., & Szűcs, D. (2017). The modified abbreviated math anxiety scale: A valid and reliable instrument for use with children. *Frontiers in psychology*, 8, 11.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00011>
- Carey, E., Devine, A., Hill, F., Dowker, A., McLellan, R., & Szucs, D. (2019). Understanding mathematics anxiety: investigating the experiences of UK primary and secondary school students. <https://doi.org/10.17863/CAM.37744>
- Carsley, D., Heath, N. L., & Fajnerova, S. (2015). Effectiveness of a Classroom Mindfulness Coloring Activity for Test Anxiety in Children. *Journal of Applied School Psychology*, 31(3), 239-255. <https://doi.org/10.1080/15377903.2015.1056925>
- D'Hooge, Julie. L'anxiété mathématique : Évaluation de l'efficacité d'une prise en charge au moyen de l'Imagerie par Résonance Magnétique fonctionnelle (IRMf). Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation, Université catholique de Louvain, 2019. Prom. : Pesenti, Mauro.

- Dormal, V., Vermeulen, N., & Mejias, S. (2021). Is heart rate variability biofeedback useful in children and adolescents? A systematic review. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*. <https://doi.org/10.1111/jcpp.13463>
- Dowker, A., Sarkar, A., & Looi, C. Y. (2016). Mathematics anxiety: What have we learned in 60 years?. *Frontiers in psychology*, 7, 508. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00508>
- Edition, F. (2013). Diagnostic and statistical manual of mental disorders. *Am Psychiatric Assoc*, 21.
- Eysenck, M. W., & Calvo, M. G. (1992). Anxiety and performance: The processing efficiency theory. *Cognition & emotion*, 6(6), 409-434. <https://doi.org/10.1080/02699939208409696>
- Fabes, R. A., & Eisenberg, N. (1997). Regulatory control and adults' stress-related responses to daily life events. *Journal of personality and social psychology*, 73(5), 1107. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.73.5.1107>
- Fahrenkamp, A., & Benore, E. (2019). The role of heart rate variability biofeedback in pediatric chronic pain rehabilitation : A case series design. *Clinical Practice in Pediatric Psychology*, 7(4), 358-370. <https://doi.org/10.1037/cpp0000259>
- Fayol, M. (2018). Activités arithmétiques et anxiété. *ANAE-Approche Neuropsychologique des Apprentissages Chez L'enfant*, 30(156), 603-610.
- Freeston, M. H., Ladouceur, R., Thibodeau, N., & Gagnon, F. (1991). Cognitive intrusions in a non-clinical population. I. Response style, subjective experience, and appraisal. *Behaviour research and therapy*, 29(6), 585-597. [https://doi.org/10.1016/0005-7967\(91\)90008-Q](https://doi.org/10.1016/0005-7967(91)90008-Q)
- Ganley, C. M., Mingle, L. A., Ryan, A. M., Ryan, K., Vasilyeva, M., & Perry, M. (2013). An examination of stereotype threat effects on girls' mathematics performance. *Developmental psychology*, 49(10), 1886. <https://doi.org/10.1037/a0031412>
- Gavens, N., & Camos, V. (2006). La mémoire de travail: une place centrale dans les apprentissages scolaires fondamentaux. *Apprentissages et enseignement: Sciences cognitives et éducation*, 91-106. https://www.researchgate.net/publication/259042185_La_memoire_de_travail_une_place_centrale_dans_les_apprentissages_scolaires_fondamentaux
- Geist, E. (2010). The anti-anxiety curriculum: Combating math anxiety in the classroom. *Journal of Instructional Psychology*, 37(1). https://www.researchgate.net/publication/281089312_The_Anti-Anxiety_Curriculum_Combating_Math_Anxiety_in_the_Classroom
- Goessi, V. C., Curtiss, J. E., & Hofmann, S. G. (2017). The effect of heart rate variability biofeedback training on stress and anxiety: a meta-analysis. *Psychological medicine*, 47(15), 2578. <https://doi.org/10.1017/S0033291717001003>
- Hembree, R. (1990). The nature, effects, and relief of mathematics anxiety. *Journal for research in mathematics education*, 21(1), 33-46. <https://doi.org/10.5951/jresmetheduc.21.1.0033>
- Hill, F., Mammarella, I. C., Devine, A., Caviola, S., Passolunghi, M. C., & Szűcs, D. (2016). Maths anxiety in primary and secondary school students: Gender differences, developmental changes and anxiety specificity. *Learning and Individual Differences*, 48, 45-53. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2016.02.006>

- Hopko, D. R., Mahadevan, R., Bare, R. L., & Hunt, M. K. (2003). The abbreviated math anxiety scale (AMAS) construction, validity, and reliability. *Assessment*, 10(2), 178-182. <https://doi.org/10.1177/1073191103010002008>
- Hunt, T. E., Clark-Carter, D., & Sheffield, D. (2014). Math anxiety, intrusive thoughts and performance: Exploring the relationship between mathematics anxiety and performance: The role of intrusive thoughts. <http://hdl.handle.net/10545/618797>
- Lafay, A., St-Pierre, M. C., & Macoir, J. (2015). Validation franco-québécoise du Tempo Test Rekenen pour l'évaluation des habiletés mathématiques auprès d'enfants de 8-9 ans. *Glossa*, 118, 27-39.
- Lafortune, L. (1992). Dimension affective en mathématiques: recherche-action et matériel didactique. <https://cdc.qc.ca/parea/700951-lafortune-dimension-affective-mathematiques-laurendeau-PAREA-1992.pdf>
- Laski, Elida & Siegler, Robert. (2013). Learning From Number Board Games: You Learn What You Encode. *Developmental psychology*. 50. [10.1037/a0034321](https://doi.org/10.1037/a0034321)
- Instructions pour LimeSurvey - LimeSurvey Manual*. (2021, 15 novembre). LimeSurvey Manual. https://manual.limesurvey.org/LimeSurvey_Manual/fr
- Ma, X., & Xu, J. (2004). The causal ordering of mathematics anxiety and mathematics achievement: a longitudinal panel analysis. *Journal of adolescence*, 27(2), 165-179. <https://doi.org/10.1016/j.adolescence.2003.11.003>
- Maloney, E. A., Ansari, D., & Fugelsang, J. A. (2011). Rapid communication: The effect of mathematics anxiety on the processing of numerical magnitude. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 64(1), 10-16. <https://doi.org/10.1080/17470218.2010.533278>
- McCraty, R., Atkinson, M., Tomasino, D., Goelitz, J., & Mayrovitz, H. (2012). The Impact of an Emotional Self-Management Skills Course on Psychosocial Functioning and Autonomic Recovery to Stress in Middle School Children. *Integrative Physiological and Behavioral Science*, 34(4), 246-268. <https://doi.org/10.1007/BF02688693>
- Mejias, S., Muller, C., & Schiltz, C. (2019). Assessing mathematical school readiness. *Frontiers in psychology*, 1173. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01173>
- Montreuil, M., & North, P. (2004). Apports de la neuropsychologie aux recherches en psychopathologie. *EMC - Psychiatrie*, 1(1), 1-5. [https://doi.org/10.1016/s0246-1072\(02\)00076-7](https://doi.org/10.1016/s0246-1072(02)00076-7)
- Nieuwenhoven, V. C. (2019). L'enfant en difficulté d'apprentissage en mathématiques (Actualités rééduc orthophonique : Pistes de diagnostic et supports d'intervention). DE BOECK SUP.
- Núñez-Peña, M. I., & Suárez-Pellicioni, M. (2014). Less precise representation of numerical magnitude in high math-anxious individuals: an ERP study of the size and distance effects. *Biological psychology*, 103, 176-183. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2014.09.004>
- Park, D., Ramirez, G., & Beilock, S. L. (2014). The role of expressive writing in math anxiety. *Journal of Experimental Psychology : Applied*, 20(2), 103-111. <https://doi.org/10.1037/xap0000013>

- Passer, M.W. (1984). Competitive trait anxiety in children and adolescents. In J.M. Sylva & R.S. Weinberg (Eds.). *Psychological foundations of sport* (pp. 130-144). Champaign, Ill.: Human Kinetics.
- Pinthong, Uraivan & Pinthong, Uraipanyawan. (2018). Mindfulness to Reduce Math Anxiety and Improve Math Performance. [10.13140/RG.2.2.23269.01760](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.23269.01760)
- Ramirez, G., Gunderson, E. A., Levine, S. C., & Beilock, S. L. (2013). Math anxiety, working memory, and math achievement in early elementary school. *Journal of Cognition and Development*, 14(2), 187-202. <https://doi.org/10.1080/15248372.2012.664593>
- Ramirez, G., Shaw, S. T., & Maloney, E. A. (2018). Math Anxiety : Past Research, Promising Interventions, and a New Interpretation Framework. *Educational Psychologist*, 53(3), 145-164. <https://doi.org/10.1080/00461520.2018.1447384>
- Richardson, F. C., & Suinn, R. M. (1972). The mathematics anxiety rating scale: psychometric data. *Journal of counseling Psychology*, 19(6), 551. <https://doi.org/10.1037/h0033456>
- Rubinsten, O., & Tannock, R. (2010). Mathematics anxiety in children with developmental dyscalculia. *Behavioral and Brain Functions*, 6(1), 46. <https://doi.org/10.1186/1744-9081-6-46>
- Servant, D., Logier, R., Mouster, Y., & Goudemand, M. (2009). La variabilité de la fréquence cardiaque. Intérêts en psychiatrie [Heart rate variability. Applications in psychiatry]. *L'Encéphale: Revue de psychiatrie clinique biologique et thérapeutique*, 35(5), 423-428. <https://doi.org/10.1016/j.encep.2008.06.016>
- Siegler, Robert & Ramani, Geetha. (2009). Playing Linear Number Board Games-But Not Circular Ones-Improves Low-Income Preschoolers' Numerical Understanding. *Journal of Educational Psychology*. 101. [10.1037/a0014239](https://doi.org/10.1037/a0014239)
- Shapiro, F. (1989). Efficacy of the Eye Movement Desensitization procedure in the treatment of traumatic memories. *Journal of Traumatic Stress*, 2(2), 199-223. <https://doi.org/10.1002/jts.2490020207>
- Spielberger, C. D. (1966). *Anxiety and Behavior* (1^{re} éd.). Academic Press.
- Spielberger, C. D. (1972). *Anxiety : Current Trends in Theory and Research*. Academic Press.
- Spielberger, C. D., Edwards, C. D., Lushene, R. E., Montuori, J., & Platzek, D. (1973). *STAIC preliminary manual*. Palo Alto, Calif.: Consulting Psychologists Press, 1973.
- Spriet, Madeleine. *Anxiété pour les mathématiques : évaluation de l'effet d'une prise en charge thérapeutique au moyen de l'Imagerie par Résonance Magnétique fonctionnelle (IRMf)*. Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation, Université catholique de Louvain, 2015. Prom. : Pesenti, Mauro.
- Stevenson, H. W., Lee, S. Y., Chen, C., Lummis, M., Stigler, J., Fan, L., & Ge, F. (1990). Mathematics achievement of children in China and the United States. *Child development*, 61(4), 1053-1066. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.1990.tb02841.x>

- Supekar, K., Iuculano, T., Chen, L., & Menon, V. (2015). Remediation of Childhood Math Anxiety and Associated Neural Circuits through Cognitive Tutoring. *Journal of Neuroscience*, 35(36), 12574-12583. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.0786-15.2015>
- Swanson, J. M. (1981). The SNAP Rating Scale for the Diagnosis of the Attention Deficit Disorder.
- Thompson, E. R. (2007). Development and validation of an internationally reliable short-form of the positive and negative affect schedule (PANAS). *Journal of cross-cultural psychology*, 38(2), 227-242. <https://doi.org/10.1177/0022022106297301>
- Vauthier, M., Paquet, Y., Krumm, C. M., & Tarquinio, C. (2019). Vers une nouvelle appréhension des mathématiques par traitement EMDR: actualités et perspectives. *Psychologie Française*, 64(3), 295-304. <https://doi.org/10.1016/j.psfr.2017.11.001>
- Vilette, B. (2017). L'anxiété mathématique apparaît-elle au début des apprentissages scolaires ?. *Enfance*, 4(4), 513-519. <https://doi.org/10.3917/enf1.174.0513>
- Vukovic, R. K., Kieffer, M. J., Bailey, S. P., & Harari, R. R. (2013). Mathematics anxiety in young children: Concurrent and longitudinal associations with mathematical performance. *Contemporary educational psychology*, 38(1), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2012.09.001>
- Wang, Z., Hart, S. A., Kovas, Y., Lukowski, S., Soden, B., Thompson, L. A., ... & Petrill, S. A. (2014). Who is afraid of math? Two sources of genetic variance for mathematical anxiety. *Journal of child psychology and psychiatry*, 55(9), 1056-1064. <https://doi.org/10.1111/jcpp.12224>
- Wechsler, D. (2014). WISC-V : Wechsler intelligence scale for children. fifth edition. Bloomington, MN : Pearson
- Wu, S., Amin, H., Barth, M., Malcarne, V., & Menon, V. (2012). Math anxiety in second and third graders and its relation to mathematics achievement. *Frontiers in psychology*, 3, 162. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00162>

Liste des annexes

Annexe n°1 : Extrait de la SNAP IV questionnaire hétéroévaluatif.

Annexe n°2 : Extrait de la version 2 du protocole

Annexe n°3 : Extrait du Self Assessment Manikin

Annexe n°4 : Échelle d'autoévaluation STAI-C

Annexe n°5 : Extrait PANAS-SF

Annexe n°6 : Extrait de l'adaptation française de la mAMAS

Annexe n°7 : Outil FOCUS

Annexe n°8 : Extrait du Tempo Test Rekenen

Annexe n°9 : Trame du questionnaire adressé aux orthophonistes.

Annexe n°10 : Données et statistiques entre prétest et post-test